

68101

**AŞIRI YÜKLÜ KAMYONLARIN DİNGİL YÜKLERİNİN YOL  
ÖMRÜNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TRAFİK PLANLAMASI VE UYGULAMASI**



**Seda HATIPOĞLU**

**OCAK 1997**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Seda HATIPOĞLU tarafından hazırlanan AŞIRI YÜKLÜ KAMYONLARIN DİNGİL YÜKLERİNİN YOL ÖMRÜNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylım.



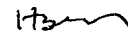
Prof.Dr. Yalçın EROL

Tez Yöneticisi

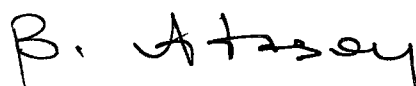
Bu çalışma, jürimiz tarafından Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Süleyman PAMPAL 

Üye : Prof. Dr. Yalçın EROL 

Üye : Doç. Dr. Hasan BAL 

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**AŞIRI YÜKLÜ KAMYONLARIN DİNGİL YÜKLERİNİN  
YOL ÖMRÜNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**SEDA HATİPOĞLU**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Ocak 1997**

**ÖZET**

Gelişen sanayii ve ekonomik duruma paralel olarak, karayollarımızda seyahat eden kamyon sayısı artmıştır. Kamyonların bir kısmı, taşıt sayısından ve harcanan yakıt miktarından tasarruf etmek için aşırı yüklenmektedir. Bu çalışmada 4 ayrı yolda aşırı yüklü kamyonlar tesbit edilmiş ve bu kamyonların dingil yüklerinin yolda meydana getirecekleri hasar miktarı bulunmuştur. Sonra, bu hasar miktarının yolun ömrü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucu ortaya çıkan değerler, aşırı yüklü kamyonların yollarımıza büyük zararlar verip, ömrünü kısalttığını göstermiştir. Bu sonuçlara kamyon dingil yükü kontrolünün yetersizliği yol açmaktadır.

Bilim kodu : 60010500  
Anahtar kelimeler : Dingil yükü, Aşırı yüklenme, Yol ömrü  
Sayfa adedi : 110  
Tez danışmanı : Prof. Dr. Yalçın EROL

**RESEARCH ON THE EFFECT OF AXLE WEIGHTS ON  
OVERLOADED VEHICLES ON LIFE OF LOAD  
(M.Sc. Thesis)**

**SEDA HATIPOĞLU**

**GAZİ ÜNİVERSİTY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECNHNOLGY  
Ocak 1997**

**ABSTRACT**

Parallel to the developing industry and economic situation, the number of the travelling trucks have increased in our highways. Some trucks are overloaded in order to reduce the number of vehicles and amount of fuel used. In this study, the overloaded trucks have been determined in four different roads and amount of damage in the road resulted from these trucks has been calculated. Then, the effect of this damage on the life of road has been examined. The values gained from research show that the overloaded trucks give damage to our roads and reduce the life of roads. Inadequate control of vehicle axle weight leads to these results.

Science code : 60010500  
Key Words : Axle weight, Overload, Life of road  
Page number : 110  
Adviser : Prof. Dr. Yalçın EROL

## **TEŞEKKÜR**

**Çalıőmam süresince beni yönlendiren ve destek veren sayın danışman hocam Prof. Dr. Yalçın Erol'a, araőtırmam için gerekli dökümanları bulmamı sağlayan ve benden yardımlarını esirgemiyen Yük. İnő. Müh. Tülay Ođraő ve Araç. Gör. Kürőat Çubuk'a, çalıőmamda bana en büyük moral desteğini veren sevgili eőim Yavuz Hatipoğlu'na çok teşekkür ederim.**



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iv
<b>TABLoların LİSTESİ</b> .....	vii
<b>GİRİŞ</b> .....	1
<b>BÖLÜM 1</b>	
<b>YOL ÜSTYAPISI VE TRAFİĞİN ÜSTYAPIYA ETKİLERİ</b> .....	3
1.1. Yol Üst Yapısı.....	3
1.1.1. Alttemel tabakası.....	3
1.1.2. Temel tabakası.....	3
1.1.3. Kaplama Tabakası.....	3
1.2. Trafiğin Üstyapıya Etkisi.....	4
1.2.1. Tanımlar.....	5
1.2.2. Trafik analizi.....	7
<b>BÖLÜM 2</b>	
<b>DİNGİL YÜKLERİ</b> .....	9
2.1. Dingil Eşdeğerlik Faktörü.....	9
2.2. Dingil Tipleri.....	9
2.3. Dingil Ağırlığı Etütleri.....	10
2.3.1. Etüt çalışmalarının yürütülmesi.....	10
2.3.2. Etütlerde kullanılan seyyar kantar ünitesi.....	11
2.3.3. Dingil ağırlığı etüt projesinde yeni gelişmeler.....	11

**BÖLÜM 3**

<b>TİCARİ ARAÇLARIN DİNGİL YÜKLERİ.....</b>	<b>13</b>
3.1. Ticari Araçların Dingil Yüklerinin Yola Etkisi.....	13
3.2. Yasal Dingil Yüğü.....	14
3.2.1. Yasal dingil yükünün ihlali.....	16
3.2.2. Aşırı yüklemeye izin verilen özel durumlar.....	17

**BÖLÜM 4****ADANA-CEYHAN YOLU**

<b>KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ.....</b>	<b>19</b>
4.1. Adana-Ceyhan Yönü İçin.....	19
4.2. Ceyhan-Adana Yönü İçin.....	30
4.3. Yorum.....	37

**BÖLÜM 5****KONYA-ALTINEKİN YOLU**

<b>KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ.....</b>	<b>38</b>
5.1. Konya-Altnekin Yönü İçin.....	38
5.2. Altnekin-Konya Yönü için.....	49
5.3. Yorum.....	59

**BÖLÜM 6****SAMSUN-HAVZA YOLU**

<b>KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ.....</b>	<b>61</b>
6.1. Samsun-Havza Yönü İçin.....	61
6.2. Havza-Samsun Yönü İçin.....	72
6.3. Yorum.....	82

**BÖLÜM 7****TURGUTLU-SALİHLİ YOLU**

<b>KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ.....</b>	<b>84</b>
7.1. Turgutlu-Salihli Yönü İçin.....	84
7.2. Salihli-Turgutlu yönü İçin.....	95
7.3. Yorum.....	105

**BÖLÜM 8**

<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>107</b>
-------------------------------	------------

<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>109</b>
-----------------------	------------

**EKLER**

## TABLOLARIN LİSTESİ

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Tablo 1.1. Şerit dağılım faktörleri.....	8
Tablo 3.1. Farklı taşıtların dingil yüklerinin karşılaştırılması.....	13
Tablo 3.2. Bazı ülkelerdeki yasal dingil yükleri.....	15
Tablo 3.3. Bazı ülkelerdeki aşırı dingil yükü % leri.....	17
Tablo 4.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	20
Tablo 4.2. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	20
Tablo 4.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	21
Tablo 4.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	22
Tablo 4.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	23
Tablo 4.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	25
Tablo 4.7. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....	26
Tablo 4.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	31
Tablo 4.9. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	31
Tablo 4.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	32
Tablo 4.11. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	33
Tablo 4.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	34
Tablo 4.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	36
Tablo 5.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	39
Tablo 5.2. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	39
Tablo 5.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	40
Tablo 5.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	41
Tablo 5.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	42
Tablo 5.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	44
Tablo 5.7. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....	45
Tablo 5.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	50
Tablo 5.9. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	50

Tablo 5.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	51
Tablo 5.11. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	52
Tablo 5.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	53
Tablo 5.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	55
Tablo 5.14. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....	56
Tablo 6.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	62
Tablo 6.2. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	62
Tablo 6.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	63
Tablo 6.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	64
Tablo 6.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	65
Tablo 6.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	67
Tablo 6.7. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....	68
Tablo 6.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	73
Tablo 6.9. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	73
Tablo 6.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	74
Tablo 6.11. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	75
Tablo 6.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	76
Tablo 6.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	78
Tablo 6.14. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....	79
Tablo 7.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	85
Tablo 7.2. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	85
Tablo 7.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	86
Tablo 7.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....	87
Tablo 7.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....	88
Tablo 7.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....	90
Tablo 7.7. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....	91
Tablo 7.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı.....	96
Tablo 7.9. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı.....	96
Tablo 7.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı.....	97

<b>Tablo 7.11. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması.....</b>	<b>98</b>
<b>Tablo 7.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması.....</b>	<b>99</b>
<b>Tablo 7.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı.....</b>	<b>101</b>
<b>Tablo 7.14. Yeni eşdeğerşik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması.....</b>	<b>102</b>



## GİRİŞ

Bir yolun proje değerlerine uygun olarak yapılması kadar, o yolun projeye göre işletilmesi de yolun ömrü açısından büyük önem taşır.

Yol üstyapısının projelendirilmesinde ve hizmet süresinde en önemli faktör trafik hacmi ve ağırlığıdır. Hacim ve ağırlıktan kastedilen, yol üzerinden geçecek dingil sayısı ve bu sayının ağırlık olarak dağılımıdır. Dingiller, taşıdıkları yük miktarlarına göre yollara hasar verirler. Bir dingilin taşıdığı yükün, standart dingil yüküne ( 8.2 ton yüke eşdeğer dingil yükü) oranının 4.4'üncü kuvveti, o dingilin yola vermiş olduğu hasar miktarını belirler.

Dingil ağırlıkları, dingil etüt çalışmaları yardımıyla tesbit edilir. Bu etüt çalışması Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından seyyar kantar üniteleri yardımıyla yapılır. Dingil tipleri, dingil ağırlıklarının ölçülmesi sırasında kolaylık sağlanması açısından "1" ve "2" rakamlarıyla kodlanır. 1 rakamı dingilde 1 tekerleğin, 2 rakamı ise dingilde 2 tekerleğin olduğunu gösterir. Bu ölçüm işlemlerinin sıklığı ve hassaslığı çok önemlidir.

Özel araçların ve hafif yük araçlarının dingil yükleri yol üstyapısına yapısal bir zarar vermezler. Üstyapıya zararı, otobüs, kamyon, treyler gibi hem kendi net ağırlıkları hem de taşıdıkları yük sebebiyle ağır araç sınıfına giren ticari taşıtlar verir. Bu nedenle KGM tarafından ticari taşıtların tek dingilinin taşıyacağı yasal (maksimum) dingil yükü 13 ton olarak belirlenmiştir. Ticari araçlar ve özellikle trafikte büyük bir yoğunluk teşkil eden kamyonlar, araç sayısından ve buna bağlı olarak benzin ve işletme maliyetinden tasarruf edebilmek için aşırı yüklenmektedir. Bu da yollarda zamanından önce bozulma ve beraberinde büyük miktarlarda bakım ve onarım masrafı getirir.

**Bu alışmada Adana-Ceyhan, Konya-Altınekin, Samsun-Havza, Turgutlu-Salihli olmak üzere 4 ayrı karayolu üzerinde yapılan kamyon dingil ağırlık etütleri incelenmektedir. Aşırı yüklü kamyonların yola verdikleri hasar hesabedilmekte ve bu hasarın yolun ömrü üzerindeki olumsuz etkileri belirlenmektedir.**



## **BÖLÜM 1**

### **YOL ÜSTYAPISI VE TRAFİĞİN ÜST YAPIYA ETKİLERİ**

#### **1.1.Yol Üstyapısı**

Üstyapı, taban zemininin taşıma gücünü aşmayacak biçimde, yol üzerine gelen trafik yüklerinin taban yüzeyine dağıtılmasını sağlayan, alttemel, temel, ve kaplama tabakalarından oluşarak, taban zemini üzerine oturan yapıdır. Yol üstyapısını meydana getiren bu tabakalar, kullanılan malzeme, malzeme kompozisyonu ve kullanım nedenleri yönünden farklı özelliklere sahiptir. EK-1'de bir üst yapı enkesiti gösterilmiştir.

##### **1.1.1.Alttemel tabakası**

Alttemel tabakası, tesviye yüzeyi üzerine serili olup, genellikle kum,çakıl ve yüksek fırın curufu ve benzeri dengeli (granüler) malzemeden yapılan bir tabakadır. Bu tabaka, trafik yükünü taban üzerine dağıtır, su ve don tesirlerine karşı tampon bölgesi vazifesi görür.

##### **1.1.2.Temel tabakası**

Temel tabakası, alttemel tabakası ile kaplama tabakası arasına yerleştirilir ve granülometresi şartnameye uygundur. Bu tabaka, genellikle kırmataş veya doğal kum ve çakıldan oluşur, trafik yüklerini dağıtır ve üstyapıyı su ve don etkilerinden korur.

##### **1.1.3.Kaplama tabakası**

Temel tabakası üzerine inşaa olunan kaplama tabakası, taşıt tekerleklerinin doğrudan doğruya temas ettiği, bitümlü bir karışımdır.

Geçirimsiz olan bu tabakanın, elastik modülü ve yük dağıtma kabiliyeti yüksek olup, don ve su etkilerine karşı dayanıklıdır.

**Kullanılma nedenleri ve fonksiyonları (1):**

1. Trafiğin aşındırıcı kuvvetlerine direnmek.
2. İklimin ayrıştırma etkilerine karşı koymak.
3. Yapıya nüfuz eden yüzeysel su miktarını azaltmak.
4. Temel tabakasına nakledilen kayma gerilmelerini azaltmak.
5. Üstyapının üst kısmındaki çökmelere karşı direnç göstermek.

## **1.2. Trafiğin Üstyapıya Etkisi**

Üstyapıyı oluşturan tabakaların tarifinde görüldüğü üzere, yol üstyapısının gerek projelendirilmesinde gerekse hizmet seviyesinde en önemli faktör trafik hacmi ve ağırlığıdır. Bu nedenle bir yolu projelendirirken aşağıdaki trafik elemanlarının hesaplanması gerekir (2).

1. Dingil yükleri
2. Tekerlek değme basıncı
3. Trafik hacmi, trafik kompozisyonu ve özellikle kamyon yüzdesi.
4. Yüklemenin şekli, süresi ve tekrarı

Bu trafik elemanlarının doğru olarak saptanmasıyla yapılacak bir yol daha uzun süre hizmet verebilecektir. Bunun için yol yapılmadan önce trafik sayım çalışmaları yardımıyla, trafik hacmi ve kompozisyonu hesaplanmalıdır.

Trafik akım sayımları, bir yol kesiminin, belirli bir noktada, her iki yönde geçen vasıtaların, belirli bir zamanda, önceden kararlaştırılan süre ve

frekanslarla, sayıca tesbiti işlemidir. Bu işlemde vasıtaların sınıflandırılması aşağıdaki şekildedir:

1. Otomobil ( jip, pikap, minübüs, v.b. taşıtlar )
2. Otobüs
3. Kamyon
4. Treyler

### 1.2.1.Tanımlar

Trafik elemanları ile ilgili tanımlar aşağıdadır:

— *Dingil yükü* : Merkezleri taşıtı enlemesine kesen ve birbirinden en fazla 100cm uzakta bulunan iki paralel düşey düzlem arasında kalan tüm tekerleklerin taşıdığı ve dolayısıyla yola ilettiği toplam yüküdür (3).

— *Standart dingil yükü* : 8.2 ton yüke eşdeğer dingil yüküdür.

*Servis kabiliyeti* : Bir üstyapının, belli bir gözlem aralığında, yüksek hız ve hacimdeki otomobil, otobüs ve kamyon trafiğine hizmet edebilme kabiliyetidir (3).

— *Dingil eşdeğerlik faktörü* : Verilen bir dingil yükünün, bir başka dingil yükü ile bağıntısını üstyapının servis kabiliyeti bakımından, ifade eden sayısal bir faktördür. Tüm dingil yükleri standart dingil yükü olan bir adet 8.2 tonluk tek dingil yükünün tekerrür sayısı cinsinden ifade edilir.

— *Taşıtların eşdeğerlik faktörü* : Otomobil, otobüs, kamyon veya treyler cinsinden bir taşıtların, herbir geçişinin üstyapıya verdiği zarara eşit bir etki yaratan, standart dingil yükü tekerrür sayısıdır (3).

— *Kamyon eşdeğerlik faktörü*: Herbir kamyon geçişinin üstyapıya verdiği zarara eşit bir etki yaratan, standart dingil yükü tekerrür sayısıdır.

*Bölünmemiş yol*: Trafik akımını ayıran fiziki bir engelin (refüj) bulunmadığı, çift yönlü, toplam 2 veya daha çok şeritli yollardır (4).

*Bölünmüş yol*: Trafiğin, refüj ile ayrıldığı, çift yönlü, toplam 4 veya daha çok şeritli yollardır (4)

— *Yıllık ortalama günlük trafik*: Yolun belli bir kesitinde, bölünmemiş yollarda her iki yönde, bölünmüş yollarda her iki yoldan, bir yılda geçen taşıt sayısının 365'e bölünmesiyle elde edilen değerdir (1).

— *Takviye tabakası*: Servis kabiliyeti belli bir sınırın altına indiğinde, üst yapının üzerine serilen yeni tabakadır.

— *Proje süresi* : Yolun trafiğe açılması ile ilk takviye tabakasının uygulanacağı zaman arasındaki yıl sayısıdır.

— *Proje trafiği*: Yoldan proje süresince geçecek olan trafiğin yani araçların dingil sayısı ve yüklerinin, standart dingil yükü tekerrür sayısına dönüştürülmesiyle elde edilen toplam trafiktir.

*Hizmet süresi* : Bir üstyapının, tesbit edilmiş bir servis kabiliyetine sahip olarak belli bir trafik hacmini taşıyabileceği yılların sayısıdır.

— *Örnekleme oranı*: Bir yoldan geçen araçların hepsini durdurup tek tek dingil ağırlıklarını ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle sadece bir kısmı

üzerinde ölçme işlemi uygulanır. Ölçülen araç sayısının o yoldan geçen toplam araç sayısına oranına örnekleme oranı denir.

### 1.2.2.Trafik analizi

Taşıtların yollara verdiği fiziki hasar, bir taşıtın her dingilinin taşıdığı ve dolayısıyla yol üzerine aktardığı ağırlıklara bağlıdır. Bu hasarı bulabilmek için proje ömrü müddetince o yoldan geçen toplam standart dingil yükü tekrerrür sayısı belirlenir. Bunun için aşağıdaki işlem zinciri takip edilir:

$$t_n = t_1 ( 1 + r )^n \quad (1.1)$$

$t_n$  : n. yılın günlük trafiği  
 $n$  : tasarlanan proje ömrü  
 $t_1$  : ilk yılın günlük trafiği  
 $r$  : trafik artış katsayısı

Burada (4),

$r$  : % 4.0 yük taşınması durumunda

$r$  : % 4.6 yolcu taşınması durumunda

n yılı için ortalama günlük trafik (  $t_p$  ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [ (t_n - t_1) / \log ( t_n / t_1 ) ] \quad (1.2)$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı (Wg) hesabı :

$$Wg = D_y \times D_ş \times TEF \times t_p \quad (1.3)$$

D<sub>y</sub> : yön dağılım faktörü (örneğin doğu - batı, kuzey - güney gibi).

D<sub>ş</sub> : şerit dağılım faktörü (Tablo 1.1'den bulunur).

TEF : taşıt eşdeğerlik faktörü

Toplam standart dingil tekerrür sayısı (T<sub>8.2</sub>) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n \quad (1.4)$$

Tablo 1.1. Şerit dağılım faktörleri (3)

İki Yöndeki Şerit Sayısı	Şerit Dağılım Faktörü
2	1.0
4	0.90
6 veya daha fazla	0.80

## BÖLÜM 2

### DİNGİL YÜKLERİ

#### 2.1. Dingil Eşdeğerlik Faktörü

Dingil eşdeğerlik faktörü (EF), hasar faktörü veya tahribat katsayısı olarak isimlendirilir. Bu faktör aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$EF = ( \text{Tatbik edilen dingil yükü (P) / Standart dingil yükü} )^n$$

Bu eşitlik, AASTHO (Amerikan Devlet Karayolu Memurları Derneği) tarafından geniş kapsamlı deneyler sonucu, ellili yılların sonlarında elde edilmiştir.

Tatbik edilen dingil yükünün birimine göre, standart dingil yükü, 1800lb, 80kN, 8200kg veya 8.2 ton olarak alınır (5). ( Karayolları Genel Müdürlüğü yaptığı dingil yükü ölçümlerinde ton birimini kullandığı için, standart dingil yükü değeri 8.2 ton olarak alınmıştır) .

"n" üssünün değer aralığı  $3.5 < n < 4.5$  olup, ülkemizin yol ve trafik koşullarına göre 4.4 alınır (3).

#### 2.2. Dingil Tipleri

Dingil tipleri, dingil ağırlıklarının ölçülmesi sırasında kolaylık sağlanması açısından "1" ve "2" rakamlarıyla kodlanır. "1" rakamı dingilde bir tekerleğin, "2" rakamı ise dingilde iki tekerleğin olduğunu ifade eder.

Yanyana olan dingillerde rakamlar bitişik olarak gösterilmektedir. Şayet iki dingil arasındaki mesafe 2.00 metreden fazla ise, bu durum, rakamların arasına nokta koyarak belirtilmektedir.

Treylerler için yapılan kodlamada, römork çekiciye bir bağlayıcı ile bağlanmışsa (-), çekici ile römorkun birlikte olması halinde ise (+) işareti kullanılmaktadır (6).

### **2.3. Dingil Ağırlığı Etütleri**

#### **2.3.1. Etüd çalışmalarının yürütülmesi**

Dingil ağırlığı etütlerinin süresi, genellikle yolun geliş ve gidiş yönleri için 3'er gün olmak üzere toplam 6 gündür. Özellik arzeden yol kesimlerinde ve gerekli olduğu hallerde etüt, 14 gün süreyle ve aralıksız olarak yapılır.

Dingil ağırlığı etüt çalışmalarında, etüt yapılacak olan yolun trafik yoğunluğuna göre 6-8 kişiden oluşan ekipler görev alır. Bu ekipten bir veya iki eleman yoldaki trafik sayımını yapmakla, bir eleman önceden belirlenmiş örnekleme oranı dahilinde etüt alanına giren vasıta şoförüne yol göstermekle, bir eleman etüt alanına giren vasıta şoföründen alacağı bilgileri eldeki formlara işlemekle, bir eleman aracın dingil yüklerini ölçüp formlara işlemekle, bir veya iki eleman ise etüt alanındaki araçların trafik emniyetini sağlamakla görevlendirilir.

Etütlerde uygulanan örnekleme oranı trafik yoğunluğuna bağlı olarak %10-%50 arasındadır. Etütler gündüz saatlerinde, genellikle saat 08.00 ile 16.00 arasında uygulanmakta ve toplanan bilgiler 24 saat süreyle yapılan trafik sayımları yardımıyla günlük değerlere çevrilmektedir (6).

### **2.3.2. Etütlerde kullanılan seyyar kantar ünitesi**

Ülkemizde dingil ağırlığı ölçümleri Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından seyyar kantar ünitesi kullanılarak yapılır. Lodometre diye de adlandırılan bu cihaz, dingil yüklerini ve etkilerini ölçmek için kullanılır.

Lodometre, yükleme platformu ve elektronik gösterge olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Yükleme platformunda alüminyum alaşımdan yapılmış iki adet kaplama plakası ve bu plakaların arasında dört adet elektrik rezistanslı yük hücreleri bulunmaktadır. Elektronik gösterge doğrudan yük platformuna bağlı olup bir akü tarafından beslenmektedir (7). Seyyar kantar ünitesine ait şekiller EK-3, EK-4 ve EK-5'de gösterilmiştir.

### **2.3.3. Dingil ağırlığı etüt projesinde yeni gelişmeler**

Karayolları Genel Müdürlüğü dingil ağırlıklarını ölçmek için "ön ihbar sistemli elektronik kontrol istasyonları" kurma çalışmaları yapmaktadır. Bu istasyonların kurulması için 54 yer tesbit edilmiş ve bu yerlerin 23 tanesi ihaleye hazır duruma getirilmiştir (8).

Kontrol istasyonlarının yerlerinin seçiminde, ağır trafiğin geçtiği anayollar ile maden ocakları, limanlar ve demir çelik işletmeleri gibi trafik yükü miktarının fazla olacağı yollar dikkate alınmıştır. Bu sistemde, yollara açılmış ceplere konulan tartı tablasına yasal dingil yükü üst sınırı yüklenecektir. Eğer ticari taşıtın dingil yükü bu sınırı aşmıyorsa, kurulacak sinyal sistemiyle araç tekrar yola yönlendirilecek, aşmıyorsa aynı sistemle aracın dingil yükü belirlenerek, araç, istasyonun parkına çekilecektir. İstasyondaki görevli kişiler tarafından da bunlara, gerekli cezai işlem uygulanacaktır. Ayrıca her park yerinde bulunan telefonlar yardımıyla araç sürücüsü, yükünü taşıdığı

**birimi arayıp, yükü bölüştürecek ek araç isteyebilecektir. (H. Balıkçı, 1996, sözlü görüşme)**



## BÖLÜM 3

### TİCARİ ARAÇLARIN DİNGİL YÜKLERİ

#### 3.1. Ticari Araçların Dingil Yüklerinin Yola Etkisi

Otobüs , kamyon ve treyler gibi hem kendi net ağırlıkları hem de taşıdıkları yük sebebiyle ağır araçlar sınıfına giren taşıtların tümü ticari araçlar adı altında toplanır.

Özel araçların ve hafif yük araçlarının dingil yükleri yol kaplamasına yapısal bir zarar vermez. Kaplamaya zararı ticari taşıtların yola aktardığı dingil yükleri verir. Bu, Tablo 3.1'de bir örnekle gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Farklı taşıtların dingil yüklerinin karşılaştırılması (9)

Taşıt	Dingil yükü	Bir dingil yükünün yola verdiği hasar
Bisiklet	40 kg	1
Araba	250 kg	1 525
Kamyon	4000 kg	100 000 000

Bu Tablodaki örnekte görüldüğü üzere, bir kamyon dingilinin kaplamaya verdiği hasarın eşdeğeri 65.500 adet araba dingilinin yoldan geçmesidir. Kamyonun taşıdığı yük miktarı arttıkça bu sayı daha da büyüyecektir. Bu sayı araba dingil yükünün yola verdiği hasarın kolayca ihmal edilebileceğini gösterir. Bu nedenle yolların dizaynı ve üstyapı kalınlıklarının hesabı, o yoldan geçen ticari taşıtların sayısı ve dingil yüklerinin ağırlığına göre yapılır.

İstatistiklere göre trafiğin % 10-30 kadarını ticari taşıtların oluşturduğu tahmin edilmektedir. söz konusu yüzde anayollar için %10-20, otoyollar içinse% 20-30 dur. Bir yolun ömrünü bu %30 ticari taşıtın dingil yükü ağırlıkları belirler (10)

### 3.2. Yasal Dingil Yüğü

Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 144. maddesinde belirlendiğı üzere tek dingilin taşıyabileceğı yasal, yani maksimum dingil yükü 13 ton'dur. Yapılan dingil ağırlığı ölçümlerindeki değerlere göre ön dingil ağırlıkları arka dingillerin genellikle yarısı kadar veya yarısından daha azdır. Ön dingiller aşırı yüklü olduğı durumda, direksiyon hakimiyetini zorlaştıracığı için Karayolları Genel Müdürlüğü, maksimum arka dingil ağırlığını 13 ton, maksimum ön dingil ağırlığını ise 6 ton olarak belirlemiştir.

Her ülkenin şartlarına göre kendi yasal dingil yük sınırı vardır. Uluslararası kuruluşlar 1945 senesinden sonra taşıtların ağırlıklarını ve boyutlarını belli sınırlar içinde tutmak için çalışmalar yapmıştır. Amaç, uluslararası bir standart sağlamaktır. Hemen hemen tüm ülkeler aynı fikri taşıdıkları halde konu üzerinde belli bir anlaşmaya varılamamıştır. Ülkeler arasında teknik açıdan araç işletmesi ve yol işletme koşullarındaki farklılıklar azdır. Anlaşmazlığın temelindeki neden teknik sorunlardan ziyade politik ve ekonomiktir. Tablo 3.2'de bazı ülkelerde izin verilen yasal (maksimum) dingil yükleri gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Bazı ülkelerdeki yasal dingil yükleri (2)

<b>ÜLKELER</b>	<b>DİNGİL YÜKLERİ ( ton )</b>
Avusturya	10
Belçika	13
Bulgaristan	8
Çekoslovakya	10
Danimarka	8
Finlandiya	8
Fransa	13
Yunanistan	8
Macaristan	8
İtalya	10
İrlanda	10
Lüksemburg	13
Norveç	6
Polonya	8
Portekiz	10
Romanya	10
İspanya	13
İsveç	8
İsviçre	10
Yugoslavya	10
İngiltere	9
A.B.D	8-10
Japonya	10

### 3.2.1. Yasal dingil yükünün ihlali

Karayolları üzerinde ülkemizde yapılan incelemelerde görülmüştür ki, zamanından yani proje süresinden önce üstyapıda meydana gelen bozulmaların %20-25'inin sebebi trafiğe çıkan aşırı yüklü taşıtlardır. Bu taşıtlar, yol kaplamasında krip (zaman içinde akma), kaplama kırılmaları, ve yol boyu tekerlek izi oluşumu gibi bazı bozukluklara neden olurlar. Kısaca, yollar ve köprülerdeki aşınma oranını ve hasarı arttırıp,yolun ömrünü azaltırlar.

Yasal dingil yükünün yönetmelikle sınırlandırılmasına rağmen, bazı treyler ve kamyonlar aşırı yüklenmektedir. Ticari taşıt sahipleri bu şekilde yükleme yaparak taşıt sayısında azalma ve buna paralel olarak yakıt tüketimi ve işletme maliyetinde kişisel kâr sağlamak amacındadırlar. Fakat buradan sağlanacak kâr miktarı, aşırı yüklemenin yollarda oluşturduğu hasarın onarım maliyetinin yanında dikkate alınmayacak kadar azdır (11)

Üstyapının ömrünü kısaltması ve bakım masraflarını arttırması nedeniyle, aşırı yükleme normal bir trafik hatası sayılmamalıdır. Aşırı yükleme nedeniyle verilen cezalar üstyapıya verilen zararı karşılayamadığından, kontrollerin ve cezaların caydırıcı nitelikte olması gerekmektedir. Değişik ülkelerdeki aşırı dingil yükü aşımıyla ilgili yüzdeler Tablo 3.3'de verilmektedir.

Tablo 3.3. Bazı ülkelerdeki aşırı dingil yükü % leri (2)

ÜLKE	DİNGİL YÜKÜ SINIRINI AŞAN TİCARİ TAŞITLARIN % Sİ	AŞIRI DİNGİL YÜKÜNÜN YASAL DİNGİL YÜKÜNDEN SAPMA % Sİ
Belçika	Kesin bilgi yok ama oldukça çok	en az 50
Kanada	Eyaletlere göre değişiyor	50
Almanya	9	70
İtalya	60	30
İspanya	47	50
İngiltere	1	bilinmiyor
Fransa	15	100
İrlanda	Kesin bilgi yok ama enaz 10	bilinmiyor
Türkiye	Aşırı yükleme çok genel	bilinmiyor

Tablodan görüldüğü gibi kamyonların % 60' ının aşırı yük taşıdığı İtalya'da durum oldukça ciddidir. İngiltere ve Almanya'da ise aşırı yükleme problemi diğer ülkelere göre daha azdır. Türkiye'de ise bir % verilmemiş ama, genellikle aşırı yüklenmenin fazla olduğu görülmüştür.

### 3.2.2. Aşırı yüklemeye izin verilen özel durumlar

Bölünemiyen ağır parçalar ve özel yüklerin taşınması gibi zorunlu ve istisnai hallerde, aşırı yüklerin taşınmasında karayolundan başka bir ulaşım imkanı bulunmuyorsa,, birçok ülkede ve ülkemizde ayrıcalık tanınmıştır (Örneğin bir baraj parçası). Bu durumda, ağır yüklü taşıta takip etmesi gereken özel bir güzergah belirlenir. Bu güzergah belirlenirken, güzergah üzerindeki

yol ve köprülerin durumu gözönünde bulundurulmalı ve trafik güvenliği tehlikeye sokulmamalıdır. Gerekiyorsa, gece seyahati ve yola yapılan zararın ödenmesi gibi birtakım Őartlar da konulabilir. Bu Şekilde seyahat eden ağır vasıta Őfrlerinin, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından verilmiŐ "zel yük taşıma izin belgesini" ni seyahat boyunca yanlarında bulundurmaları zorunludur.



## BÖLÜM 4

### ADANA – CEYHAN YOLU KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ

#### 4.1. Adana – Ceyhan Yönü İçin

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

Etüdün yapıldığı yer : Adana – Ceyhan

Etüdün yapıldığı bölge no : 05

Etüdün yapıldığı tarih : 08 / 06 / 1993

Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 1893

Ölçüm yapılan kamyon adedi : 360

Ölçüm yapılan kamyon oranı : % 19.0

Ortalama boş kamyon ağırlığı : 6.94 ton

Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	111	31
Tarım rnleri	91	25
Maden cevheri	0	0
İnşaat malzemesi	41	11
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	82	23
Canlı hayvan	2	1
Orman rnleri	14	4
Diğerleri	19	5
<b>TOPLAM</b>	<b>360</b>	<b>100</b>

Tablo 4.2 Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	339	7
Tarım rnleri	1534	32
Maden cevheri	0	0
İnşaat malzemesi	921	19
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	1581	33
Canlı hayvan	26	1
Orman rnleri	160	3
Diğerleri	295	6
<b>TOPLAM</b>	<b>4856</b>	<b>100</b>

Tablo 4.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı :

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	35
1-2	34
2-3	149
3-4	150
4-5	128
5-6	128
6-7	48
7-8	49
8-9	39
9-10	39
10-11	38
11-12	38
12-13	32
13-14	34
14-15	30
15-16	30
16-17	32
17-18	32
<b>TOPLAM</b>	<b>1065</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 4.3'de dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF )= ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü (HF) bulunur. Bu işlem Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (360) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 4.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = $(P / 8.2)^{4.4}$	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI x EF
0-1	35	0.000	0.00
1-2	34	0.001	0.03
2-3	149	0.005	0.75
3-4	150	0.024	3.60
4-5	128	0.071	9.09
5-6	128	0.173	22.14
6-7	48	0.360	17.28
7-8	49	0.675	33.08
8-9	39	1.171	45.67
9-10	39	1.911	74.53
10-11	38	2.968	112.78
11-12	38	4.429	168.30
12-13	32	6.392	204.54
13-14	34	8.968	304.91
14-15	30	12.281	368.43
15-16	30	16.469	494.07
16-17	32	21.684	693.89
17-18	32	28.092	898.94
<b>TOPLAM</b>	<b>1065</b>	—	<b>3452.03</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü (KEF)} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{3452.03}{360} = 9.59$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 4.4'den de görüldüğü gibi dingiller, 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	34	459	17
14-15	1.5	30	435	45
15-16	2.5	30	465	75
16-17	3.5	32	528	112
17-18	4.5	32	560	144
<b>TOPLAM</b>	—	<b>158</b>	<b>2447</b>	<b>393</b>

158 adet dingilden 393 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 2447 ton olduğuna göre ,

Azaltma oranı = ( Toplam fazla yük / Toplam yük ) = 393 / 2447 = 0.16 dır.

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için; toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $1065 / 360 = 2.96 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere, aşırı yüklü 158 adet dingil olduğuna göre,

$158 / 2 = 79$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 79 adet kamyonunda 158 adet arka dingil, 79 adet ön dingil bulunur

158 adet arka dingilden %16 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 79 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur:

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz.Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.84 = 3.78 \text{ (3 - 4 ton)}$$

$$5.5 \times 0.84 = 4.62 \text{ (4 - 5 ton)}$$

$$6.5 \times 0.84 = 5.46 \text{ (5 - 6 ton)}$$

$$7.5 \times 0.84 = 6.30 \text{ (6 - 7 ton)}$$

$$8.5 \times 0.84 = 7.16 \text{ (7 - 8 ton)}$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
3-4	150	—	+26	176	+91
4-5	128	-26	+26	128	0
5-6	128	-26	+10	112	-88
6-7	48	-10	+10	48	0
7-8	49	-10	+7	46	-22.5
8-9	39	-7	—	32	-59.5
<b>TOPLAM</b>					<b>-79</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 393 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 79 ton

Toplam aşırı yük : 472 ton

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 472 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 6.94 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $18.83 \approx 19$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$472 + (6.94 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %16 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 19 kamyon ilavesiyle taşınması durmuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 4.7'de hesaplanmıştır.

Tablo 4.7. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ(HF) DİNGİL SAYISI X EF
0-1	35	0.000	0.00
1-2	34	0.001	0.03
2-3	149	0.005	0.75
3-4	176	0.024	4.22
4-5	128	0.071	9.09
5-6	112	0.173	19.38
6 (ilave)	19	0.253	4.81
6-7	48	0.360	17.28
7-8	46	0.675	31.05
8-9	32	1.171	37.47
9-10	39	1.911	74.53
10-11	38	2.968	112.78
11-12	38	4.429	168.30
12-13	32	6.392	204.54
13 (eski)	158	7.596	1200.17
13 (ilave)	38	7.596	288.65
<b>TOPLAM</b>	<b>1122</b>	—	<b>2173.05</b>

Tablo 4.4 ve 4.7'den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. ( EK-5 )

$$\begin{aligned} \text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} &= \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} \\ &= \frac{2173.19}{360 + 19} = 5.73 \end{aligned}$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması:*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 1893$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 1893 (1+0.04)^{20} = 4148$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log(t_n/t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(4148 - 1893) / \log(4148/1893)] = 2873$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı (Wg) hesabı : (2.3) den

$$Wg = D_y \times D_\$ \times KEF \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ ( tek yön : Adana - Ceyhan )}$$

$$D_\$ = 0.90 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 9.59 \text{ (Bkz. sf. 23)}$$

$$t_p = 2873$$

$$W_g = 1 \times 0.90 \times 9.59 \times 2873 = 24.80 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 24.80 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 181.04 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 19 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$19 / 360 = \%5.3 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 1893 (1+0.053) = 1993$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 1993 (1+0.04)^{20} = 4367$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(4367 - 1993) / \log (4367 / 1993)] = 3025$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı :

$$W_g = D_y \times D_\$ \times KEF \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön: Adana-Ceyhan)}$$

$$D_s = 0.90 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 5.73 \text{ (Bkz. sf. 27)}$$

$$t_p = 3025$$

$$W_g = 1 \times 0.9 \times 5.73 \times 3025 = 15.60 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 15.60 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 113.88 \times 10^6$$

Karşılaştırma:

Proje ömrü süresince, Adana-Ceyhan yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $181.04 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $113.88 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$181.04 \times 10^6 / 20 = 9.05 \times 10^6$  dır. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$113.88 \times 10^6 / 9.05 \times 10^6 = 12.6 \text{ yıl}$$

$$20 - 12.6 = 7.4$$

$$7.4 / 20 = \%37$$

Yani %37 yolun ömrü azalır.

#### **4.2. Ceyhan - Adana yönü için**

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

**Etüdün yapıldığı yer : Ceyhan - Adana**

**Etüdün yapıldığı bölge no : 05**

**Etüdün yapıldığı tarih : 08/06/1993**

**Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 2055**

**Ölçüm yapılan kamyon oranı : %16.7**

**Ölçüm yapılan kamyon adedi : 343**

**Ortalama boş kamyon ağırlığı : 7.02 ton**

**Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 4.8'de gösterilmiştir.**

**Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 4.9'da gösterilmiştir.**

**Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 4.10'da gösterilmiştir.**

Tablo 4.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	180	52
Tarım rnleri	54	16
Maden cevheri	4	1
İnşaat malzemesi	16	5
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	46	13
Canlı hayvan	9	3
Orman rnleri	19	6
Diğerleri	15	4
<b>TOPLAM</b>	<b>343</b>	<b>100</b>

Tablo 4.9. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	466	19
Tarım rnleri	676	28
Maden cevheri	86	3
İnşaat malzemesi	249	10
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	667	27
Canlı hayvan	81	3
Orman rnleri	126	5
Diğerleri	101	4
<b>TOPLAM</b>	<b>2453</b>	<b>100</b>

Tablo 4.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	49
1-2	50
2-3	210
3-4	211
4-5	115
5-6	116
6-7	54
7-8	55
8-9	38
9-10	39
10-11	23
11-12	23
12-13	12
13-14	13
14-15	1
15-16	2
16-17	0
17-18	0
<b>TOPLAM</b>	<b>1011</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 4.10'da dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF )= ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz. Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri, dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü ( HF ) bulunur. Bu işlem Tablo 4.11’de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (343) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 4.11.Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI X EF
0-1	49	0.000	0.00
1-2	50	0.001	0.05
2-3	210	0.005	1.05
3-4	211	0.024	5.06
4-5	115	0.071	8.17
5-6	116	0.173	20.07
6-7	54	0.360	19.44
7-8	55	0.675	37.13
8-9	38	1.171	44.50
9-10	39	1.911	74.53
10-11	23	2.968	68.26
11-12	23	4.429	101.87
12-13	12	6.392	76.70
13-14	13	8.968	116.58
14-15	1	12.281	12.28
15-16	2	16.469	32.94
16-17	0	21.684	0
17-18	0	28.092	0
<b>TOPLAM</b>	<b>1011</b>	—	<b>618.63</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü ( KEF )} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{618.63}{343} = 1.80$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 4.11'den görüldüğü gibi dingiller 13 ton'un üzerinde, 16 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	13	175.5	6.5
14-15	1.5	1	14.5	1.5
15-16	2.5	2	31	5
16-17	3.5	0	0	0
17-18	4.5	0	0	0
<b>TOPLAM</b>		<b>16</b>	<b>221</b>	<b>13</b>

16 adet dingilden 13 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 221 ton olduğuna göre,

$$\text{Azaltma oranı} = ( \text{Toplam fazla yük} / \text{Toplam yük} ) = 13 / 221 = 0.06 \text{ dir.}$$

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için, toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $1011 / 343 = 2.95 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil, arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere aşırı yüklü 16 adet dingil olduğuna göre,

$16 / 2 = 8$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 8 adet kamyonda 16 adet arka dingil, 8 adet ön dingil bulunur

16 adet arka dingilden %6 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 8 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur.

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz. Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.94 = 4.23 \quad (4 - 5 \text{ ton})$$

$$5.5 \times 0.94 = 5.17 \quad (5 - 6 \text{ ton})$$

$$6.5 \times 0.94 = 6.11 \quad (6 - 7 \text{ ton})$$

$$7.5 \times 0.94 = 7.05 \quad (7 - 8 \text{ ton})$$

$$8.5 \times 0.94 = 7.99 \quad (7 - 8 \text{ ton})$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
4-5	115	-2	+2	115	0
5-6	116	-3	+3	116	0
6-7	54	-1	+1	54	0
7-8	55	-1	+1 +1	56	+7.5
8-9	38	-1	—	37	-8.5
<b>TOPLAM</b>					<b>-1.00</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 13 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 1 ton

**Toplam aşırı yük : 14 ton**

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısının hesaplanması :*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13’er ton ön dingili 6 ton olmak üzere (Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 14 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyon ortalama ağırlığı 7.02 ton olduğuna göre,

$14 + 7.02 \times (\text{kamyon sayısı}) = 32 \times (\text{kamyon sayısı})$  bağıntısından kamyon sayısı 0.56 bulunur ki bu da, Ceyhan’dan Adana’ya giden aşırı yüklü kamyonların ve yük miktarlarının ihmal edilebilecek kadar az olduğunu gösterir.

### 4.3. Yorum

Bölüm 4.1'de Adana - Ceyhan yönündeki aşırı yüklü kamyonların, yolun ömrünü %37 azalttığı hesaplandı. Bölüm 4.2'de ise Ceyhan - Adana yönü için aşırı yüklü kamyonların yola hasar verecek kadar çok olmadığı bulundu. Bunun sebebi Tablo 4.1, 4.2, 4.8, 4.9 dan görülebileceği gibi Ceyhan'dan Adana'ya giden kamyonların %52'sinin boş olması, kamyonların, inşaat malzemesi ve işlenmiş maddeler gibi ağır yükleri Adana - Ceyhan yönüne göre daha az taşımalarıdır. Buna göre bu yolun, proje süresince hizmet verebilmesi için, Ceyhan - Adana yönündeki, özellikle inşaat malzemesi ve işlenmiş maddeler taşıyan kamyonların dingil yükü kontrollerinin arttırılması gerekir.

Kon - Al %30  
 Al - Kon %22  
 Sen - Hov %11  
 Hov - Sen %8  
 Turq - Salin %15  
 Salin - Turq %43

## BÖLÜM 5

### KONYA - ALTINEKİN YOLU KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ

#### 5.1. Konya - Altinekin Yönü İçin

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

Etüdün yapıldığı yer : Konya - Altinekin

Etüdün yapıldığı bölge no : 03

Etüdün yapıldığı tarih : 24 / 05 / 1993

Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 407

Ölçüm yapılan kamyon adedi : 150

Ölçüm yapılan kamyon oranı : % 36.9

Ortalama boş kamyon ağırlığı : 6.82 ton

Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 5.3'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	33	22
Tarım rnleri	25	17
Maden cevheri	0	0
İnşaat malzemesi	64	43
Hayvansal rnler	4	3
İşlenmiş maddeler	12	8
Canlı hayvan	1	1
Orman rnleri	3	2
Diğerleri	8	5
<b>TOPLAM</b>	<b>150</b>	<b>100</b>

Tablo 5.2 Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	113	6
Tarım rnleri	233	13
Maden cevheri	0	0
İnşaat malzemesi	1168	64
Hayvansal rnler	61	3
İşlenmiş maddeler	136	7
Canlı hayvan	6	0
Orman rnleri	59	3
Diğerleri	41	2
<b>TOPLAM</b>	<b>1816</b>	<b>100</b>

Tablo 5.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı :

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	12
1-2	12
2-3	52
3-4	52
4-5	52
5-6	53
6-7	33
7-8	33
8-9	19
9-10	19
10-11	13
11-12	13
12-13	15
13-14	15
14-15	11
15-16	12
16-17	6
17-18	6
<b>TOPLAM</b>	<b>428</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 5.3’de dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF )= ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü (HF) bulunur. Bu işlem Tablo 5.4’de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (150) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 5.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI x EF
0-1	12	0.000	0.00
1-2	12	0.001	0.01
2-3	52	0.005	0.26
3-4	52	0.024	1.25
4-5	52	0.071	3.69
5-6	53	0.173	9.17
6-7	33	0.360	11.88
7-8	33	0.675	22.28
8-9	19	1.171	22.25
9-10	19	1.911	36.31
10-11	13	2.968	38.58
11-12	13	4.429	57.58
12-13	15	6.392	95.88
13-14	15	8.968	134.52
14-15	11	12.281	135.09
15-16	12	16.469	197.63
16-17	6	21.684	130.10
17-18	6	28.092	168.55
<b>TOPLAM</b>	<b>428</b>	—	<b>1065.03</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü (KEF)} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{1065.03}{150} = 7.10$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 5.4'den de görüldüğü gibi dingiller, 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 5.5'de gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	15	202.5	7.5
14-15	1.5	11	159.5	16.5
15-16	2.5	12	186	30
16-17	3.5	6	99	21
17-18	4.5	6	105	27
<b>TOPLAM</b>	—	<b>50</b>	<b>752</b>	<b>102</b>

50 adet dingilden 102 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 752 ton olduğuna göre,

$$\text{Azaltma oranı} = (\text{Toplam fazla yük} / \text{Toplam yük}) = 102 / 752 = 0.14 \text{ dür.}$$

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için; toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $428 / 150 = 2.85 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere, aşırı yüklü 50 adet dingil olduğuna göre,

$50 / 2 = 25$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 25 adet kamyonda 50 adet arka dingil, 25 adet ön dingil bulunur.

50 adet arka dingilden % 14 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 25 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur:

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz.Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.86 = 3.87 \text{ (3 - 4 ton)}$$

$$5.5 \times 0.86 = 4.73 \text{ (4 - 5 ton)}$$

$$6.5 \times 0.86 = 5.59 \text{ (5 - 6 ton)}$$

$$7.5 \times 0.86 = 6.45 \text{ (6 - 7 ton)}$$

$$8.5 \times 0.86 = 7.31 \text{ (7 - 8 ton)}$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
3-4	52	—	+7	59	+24.5
4-5	52	-7	+7	52	—
5-6	53	-7	+4	50	-16.5
6-7	33	-4	+4	33	—
7-8	33	-4	+3	32	-7.5
8-9	19	-3	—	16	-25.5
<b>TOPLAM</b>					<b>-25</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 102 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 25 ton

**Toplam aşırı yük : 127 ton**

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 127 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 6.82 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $5.04 \approx 5$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$127 + (6.82 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %14 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 5 kamyon ilavesiyle taşınması durumuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 5.7'de hesaplanmıştır.

Tablo 5.7. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI X EF
0-1	12	0.000	0.00
1-2	12	0.001	0.01
2-3	52	0.005	0.26
3-4	59	0.024	1.42
4-5	52	0.071	3.69
5-6	50	0.173	8.65
6 (ilave)	5	0.253	1.27
6-7	33	0.360	11.88
7-8	32	0.675	21.60
8-9	16	1.171	18.74
9-10	19	1.911	36.31
10-11	13	2.968	38.58
11-12	13	4.429	57.58
12-13	15	6.392	95.88
13 (eski)	50	7.596	379.80
13 (ilave)	10	7.596	75.96
<b>TOPLAM</b>	<b>443</b>	—	<b>751.63</b>

Tablo 5.4 ve 5.7'den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için, dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. ( EK-6 )

$$\text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} = \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} = \frac{751.63}{150 + 5} \\ = 4.85$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması:*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 407$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 407 (1+0.04)^{20} = 892$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log(t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(892 - 407) / \log(892 / 407)] = 618$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı : (2.3) den

$$W_g = D_y \times D_\$ \times \text{KEF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön : Konya - Altınekin)}$$

$$D_\$ = 1.00 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$\text{KEF} = 7.10 \text{ (Bkz. sf. 42)}$$

$$t_p = 618$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 7.10 \times 618 = 4.39 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = Wg \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 4.39 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 32.05 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 5 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$5 / 150 = \%3.3 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 407 (1+0.033) = 420$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 420 (1+0.04)^{20} = 920$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(920-420) / \log (920/420)] = 638$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $Wg$ ) hesabı :

$$Wg = Dy \times Dş \times KEF \times t_p$$

$$Dy = 1 \text{ (tek yön: Konya - Altınekin)}$$

$$Dş = 1.00 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 4.85 \text{ (Bkz. sf. 46)}$$

$$t_p = 638$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 4.85 \times 638 = 3.09 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 3.09 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 22.56 \times 10^6$$

**Karşılaştırma:**

Proje ömrü süresince, Konya-Altınekin yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $32.05 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $22.56 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$32.05 \times 10^6 / 20 = 1.60 \times 10^6$  dir. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$22.56 \times 10^6 / 1.60 \times 10^6 = 14.1 \text{ yıl}$$

$$20 - 14.1 = 5.9$$

$$5.9 / 20 = \%30$$

**Yani %30 yolun ömrü azalır.**

## 5.2. Altınekin - Konya Yönu İçin

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

Etüdün yapıldığı yer : Altınekin-Konya

Etüdün yapıldığı bölge no : 03

Etüdün yapıldığı tarih : 24/05/1993

Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 375

Ölçüm yapılan kamyon oranı : %36.5

Ölçüm yapılan kamyon adedi : 137

Ortalama boş kamyon ağırlığı : 6.93 ton

Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 5.8'de gösterilmiştir.

Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	76	55
Tarım rnleri	7	5
Maden cevheri	0	0
İnşaat malzemesi	9	7
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	38	28
Canlı hayvan	0	0
Orman rnleri	2	1
Diğerleri	5	4
<b>TOPLAM</b>	<b>137</b>	<b>100</b>

Tablo 5.9. Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	150	19
Tarım rnleri	95	28
Maden cevheri	0	3
İnşaat malzemesi	164	10
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	402	27
Canlı hayvan	0	3
Orman rnleri	22	5
Diğerleri	14	4
<b>TOPLAM</b>	<b>846</b>	<b>100</b>

Tablo 5.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	30
1-2	31
2-3	85
3-4	85
4-5	42
5-6	42
6-7	13
7-8	14
8-9	11
9-10	12
10-11	7
11-12	7
12-13	5
13-14	5
14-15	3
15-16	4
16-17	1
17-18	2
<b>TOPLAM</b>	<b>399</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 5.10'da dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF )= ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz. Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri, dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü (HF) bulunur. Bu işlem Tablo 5.11’de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (137) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 5.11.Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI X EF
0-1	30	0.000	0.00
1-2	31	0.001	0.03
2-3	85	0.005	0.43
3-4	85	0.024	2.04
4-5	42	0.071	2.98
5-6	42	0.173	7.27
6-7	13	0.360	4.68
7-8	14	0.675	9.45
8-9	11	1.171	12.88
9-10	12	1.911	22.93
10-11	7	2.968	20.78
11-12	7	4.429	31.00
12-13	4	6.392	25.57
13-14	6	8.968	53.81
14-15	3	12.281	36.84
15-16	4	16.469	65.88
16-17	1	21.684	21.68
17-18	2	28.092	56.18
<b>TOPLAM</b>	<b>399</b>	—	<b>374.43</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü ( KEF )} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{374.43}{137} = 2.73$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 5.11'den görüldüğü gibi dingiller 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 5.12'de gösterilmiştir.

Tablo 5.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	6	81	3
14-15	1.5	3	43.5	4.5
15-16	2.5	4	62	10
16-17	3.5	1	16.5	3.5
17-18	4.5	2	35	9
<b>TOPLAM</b>		<b>16</b>	<b>238</b>	<b>30</b>

16 adet dingilden 30 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 238 ton olduğuna göre,

$$\text{Azaltma oranı} = ( \text{Toplam fazla yük} / \text{Toplam yük} ) = 30 / 238 = 0.13 \text{ dir.}$$

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için, toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $399 / 137 = 2.91 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil, arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere aşırı yüklü 16 adet dingil olduğuna göre,

$16 / 2 = 8$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 8 adet kamyonda 16 adet arka dingil, 8 adet ön dingil bulunur

16 adet arka dingilden %13 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 8 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur.

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz. Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.87 = 3.92 \quad (3 - 4 \text{ ton})$$

$$5.5 \times 0.87 = 4.79 \quad (4 - 5 \text{ ton})$$

$$6.5 \times 0.87 = 5.66 \quad (5 - 6 \text{ ton})$$

$$7.5 \times 0.87 = 6.53 \quad (6 - 7 \text{ ton})$$

$$8.5 \times 0.87 = 7.40 \quad (7 - 8 \text{ ton})$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 5.13'de gösterilmiştir.

Tablo 5.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
3-4	85	—	+3	88	+10.5
4-5	42	-3	+3	42	0
5-6	42	-3	+1	40	-11
6-7	13	-1	+1	13	0
7-8	14	-1	0	13	-7.5
8-9	11	0	—	11	0
<b>TOPLAM</b>					<b>-8</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 30 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 8 ton

**Toplam aşırı yük : 38 ton**

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 38 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 6.93 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $1.52 \approx 2$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$38 + (6.93 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %13 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 2 kamyon ilavesiyle taşınması durumuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 5.14’de hesaplanmıştır.

Tablo 5.14. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI X EF
0-1	30	0.000	0.00
1-2	31	0.001	0.03
2-3	85	0.005	0.43
3-4	88	0.024	2.11
4-5	42	0.071	2.98
5-6	40	0.173	6.92
6 (ilave)	2	0.253	0.51
6-7	13	0.360	4.68
7-8	13	0.675	8.78
8-9	11	1.171	12.88
9-10	12	1.911	22.93
10-11	7	2.968	20.78
11-12	7	4.429	31.00
12-13	4	6.392	25.57
13 (eski)	16	7.596	121.54
13 (ilave)	4	7.596	30.38
<b>TOPLAM</b>	<b>405</b>	—	<b>291.52</b>

Tablo 4.11 ve 4.14’den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. ( EK-7 )

$$\text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} = \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} = \frac{291.52}{137+2} = 2.10$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması:*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 375$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 375 (1+0.04)^{20} = 822$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log(t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(822 - 375) / \log(822 / 375)] = 570$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı : (2.3) den

$$W_g = D_y \times D_{\text{ş}} \times \text{KEF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ ( tek yön : Altınekin - Konya )}$$

$$D_{\text{ş}} = 1.00 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$\text{KEF} = 2.73 \text{ (Bkz. sf. 53)}$$

$$t_p = 570$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 2.73 \times 570 = 1.56 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = Wg \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 1.56 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 11.39 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 2 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$2 / 137 = \%1.5 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 375 (1+0.015) = 381$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 381 (1+0.04)^{20} = 835$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(835-381) / \log (835/381)] = 579$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $Wg$ ) hesabı :

$$Wg = D_y \times D_\delta \times KEF \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön: Altiekin - Konya)}$$

$$D_\delta = 1.00 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 2.10 \text{ (Bkz. sf. 57)}$$

$$t_p = 579$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 2.10 \times 579 = 1.22 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 1.22 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 8.91 \times 10^6$$

Karşılaştırma:

Proje ömrü süresince, Konya-Altinekin yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $11.39 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $8.91 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$11.39 \times 10^6 / 20 = 0.57 \times 10^6$  dır. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$8.91 \times 10^6 / 0.57 \times 10^6 = 15.6 \text{ yıl}$$

$$20 - 15.6 = 4.4$$

$$4.4 / 20 = \%22$$

Yani %22 yolun ömrü azalır.

### 5.3. Yorum

Bölüm 5.1'de Konya - Karapınar yönündeki aşırı yüklü kamyonların, yolun ömrünü %30 azalttığı hesaplandı. Tablo 5.1'den görülebileceği gibi, bu yönden geçen kamyonların % 43'ünü inşaat malzemesi taşıyan kamyonlar

oluşturur. Bu nedenle başta bu kamyonlar olmak üzere Konya'dan Karapınar'a giden kamyonların dingil yükü kontrollerinin arttırılması gerekir Bölüm 5.2'de ise Karapınar - Konya yönü için aşırı yüklü kamyonların yolun ömrünü %22 azalttığı bulundu. Bu oranın diğer yöne göre daha az olmasının sebebi kamyonların % 55'inin boş geçmesi olarak düşünülebilir. Karapınar'dan Konya'ya giden kamyonların % 28'inin işlenmiş maddeler taşıması nedeniyle başta bu kamyonlar olmak üzere bu yöndeki tüm kamyonların dingil yükü kontrollerinin arttırılması gerekir.



## BÖLÜM 6

### SAMSUN - HAVZA YOLU KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ

#### 6.1. Samsun - Havza Yönü İçin

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

Etüdün yapıldığı yer : Samsun - Havza

Etüdün yapıldığı bölge no : 07

Etüdün yapıldığı tarih : 28 / 09 / 1993

Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 1214

Ölçüm yapılan kamyon adedi : 204

Ölçüm yapılan kamyon oranı : % 16.8

Ortalama boş kamyon ağırlığı : 7.06 ton

Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 6.3'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	31	15
Tarım rnleri	65	32
Maden cevheri	3	1
İnşaat malzemesi	5	2
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	58	28
Canlı hayvan	4	2
Orman rnleri	15	7
Diğerleri	23	11
<b>TOPLAM</b>	<b>204</b>	<b>100</b>

Tablo 6.2 Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	37	2
Tarım rnleri	872	36
Maden cevheri	59	2
İnşaat malzemesi	80	3
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	817	34
Canlı hayvan	21	1
Orman rnleri	283	12
Diğerleri	263	11
<b>TOPLAM</b>	<b>2433</b>	<b>100</b>

Tablo 6.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı :

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	18
1-2	18
2-3	72
3-4	73
4-5	68
5-6	68
6-7	52
7-8	53
8-9	33
9-10	34
10-11	27
11-12	27
12-13	20
13-14	19
14-15	7
15-16	7
16-17	1
17-18	2
<b>TOPLAM</b>	<b>599</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 6.1’de dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF )= ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü ( HF ) bulunur. Bu işlem Tablo 6.4'de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (204) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 6.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = $(P / 8.2)^{4.4}$	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI x EF
0-1	18	0.000	0.00
1-2	18	0.001	0.02
2-3	72	0.005	0.36
3-4	73	0.024	1.75
4-5	68	0.071	4.83
5-6	68	0.173	11.76
6-7	52	0.360	18.72
7-8	53	0.675	35.78
8-9	33	1.171	38.64
9-10	34	1.911	64.97
10-11	27	2.968	80.14
11-12	27	4.429	119.58
12-13	20	6.392	127.84
13-14	19	8.968	170.39
14-15	7	12.281	85.97
15-16	7	16.469	115.28
16-17	1	21.684	21.684
17-18	2	28.092	56.18
<b>TOPLAM</b>	<b>599</b>	—	<b>953.89</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü (KEF)} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{953.89}{204} = 4.68$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 6.4'den de görüldüğü gibi dingiller, 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 6.5'de gösterilmiştir.

Tablo 6.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	19	256.5	9.5
14-15	1.5	7	101.5	10.5
15-16	2.5	7	108.5	17.5
16-17	3.5	1	16.5	3.5
17-18	4.5	2	35	9.0
<b>TOPLAM</b>	—	<b>36</b>	<b>518</b>	<b>50</b>

36 adet dingilden 50 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 518 ton olduğuna göre ,

$$\text{Azaltma oranı} = (\text{Toplam fazla yük} / \text{Toplam yük}) = 50 / 518 = 0.10 \text{ dur.}$$

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için; toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $599 / 204 = 2.94 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere, aşırı yüklü 36 adet dingil olduğuna göre,

$36 / 2 = 18$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 18 adet kamyonunda 36 adet arka dingil, 18 adet ön dingil bulunur.

36 adet arka dingilden %10 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 18 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur:

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz.Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.90 = 4.05 \text{ (4 - 5 ton)}$$

$$5.5 \times 0.90 = 4.95 \text{ (4 - 5 ton)}$$

$$6.5 \times 0.90 = 5.85 \text{ (5 - 6 ton)}$$

$$7.5 \times 0.90 = 6.75 \text{ (6 - 7 ton)}$$

$$8.5 \times 0.90 = 7.65 \text{ (7 - 8 ton)}$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 6.6'da gösterilmiştir.

Tablo 6.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
4-5	68	-5	+5 , +5	73	+22.5
5-6	68	-5	+3	66	-11
6-7	52	-3	+3	52	0
7-8	53	-3	+2	52	-7.5
8-9	33	-2	—	31	-17
<b>TOPLAM</b>					<b>-13</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 50 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 13 ton

**Toplam aşırı yük : 63 ton**

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 63 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 7.06 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $2.53 \approx 3$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$63 + (7.06 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %10 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 3 kamyon ilavesiyle taşınması durumuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 6.7’de hesaplanmıştır.

Tablo 6.7. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ(HF) DİNGİL SAYISI X EF
0-1	18	0.000	0.00
1-2	18	0.001	0.02
2-3	72	0.005	0.36
3-4	73	0.024	1.75
4-5	73	0.071	5.18
5-6	66	0.173	11.42
6 (ilave)	3	0.253	0.76
6-7	52	0.360	18.72
7-8	52	0.675	35.10
8-9	31	1.171	36.30
9-10	34	1.911	64.97
10-11	27	2.968	80.14
11-12	27	4.429	119.58
12-13	20	6.392	127.84
13 (eski)	36	7.596	273.46
13 (ilave)	6	7.596	45.58
<b>TOPLAM</b>	<b>608</b>	—	<b>821.18</b>

Tablo 5.4 ve 5.7’den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. ( EK-8 )

$$\text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} = \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} = \frac{821.18}{204 + 3} = 3.97$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması:*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 1214$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 1214 (1+0.04)^{20} = 2660$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log(t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(2660-1214) / \log(2660/1214)] = 1843$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı : (2.3) den

$$W_g = D_y \times D_\$ \times \text{KEF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ ( tek yön : Samsun - Havza )}$$

$$D_\$ = 0.90 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$\text{KEF} = 4.68 \text{ (Bkz. sf.65)}$$

$$t_p = 1843$$

$$W_g = 1 \times 0.90 \times 4.68 \times 1843 = 7.76 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = Wg \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 7.76 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 56.65 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 3 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$3 / 204 = \%1.5 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 1214 (1+0.015) = 1232$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 1232 (1+0.04)^{20} = 2699$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(2699 - 1232) / \log (2699 / 1232)] = 1871$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $Wg$ ) hesabı :

$$Wg = Dy \times Dş \times KEF \times t_p$$

$$Dy = 1 \text{ (tek yön: Samsun - Havza)}$$

$$Dş = 0.90 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 4.68 \text{ (Bkz. sf.69)}$$

$$t_p = 1870$$

$$W_g = 1 \times 0.90 \times 3.97 \times 1871 = 6.69 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 6.69 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 48.84 \times 10^6$$

**Karşılaştırma:**

Proje ömrü süresince, Samsun - Havza yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $56.65 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $48.84 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$56.65 \times 10^6 / 20 = 2.83 \times 10^6$  dır. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$48.84 \times 10^6 / 2.83 \times 10^6 = 17.3 \text{ yıl}$$

$$20 - 17.3 = 2.7$$

$$2.7 / 20 = \%14$$

Yani %14 yolun ömrü azalır.

### **6.1. Havza - Samsun Yönü İçin**

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

**Etüdün yapıldığı yer : Havza - Samsun**

**Etüdün yapıldığı bölge no : 07**

**Etüdün yapıldığı tarih : 28 / 09 / 1993**

**Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 1219**

**Ölçüm yapılan kamyon adedi : 197**

**Ölçüm yapılan kamyon oranı : % 16.2**

**Ortalama boş kamyon ağırlığı : 7.21 ton**

**Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 6.8'de gösterilmiştir.**

**Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 6.9'da gösterilmiştir.**

**Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 6.10'da gösterilmiştir.**

Tablo 6.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	0	0
Tarım rnleri	104	53
Maden cevheri	17	9
İnşaat malzemesi	27	14
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	30	15
Canlı hayvan	0	0
Orman rnleri	2	1
Diğerleri	17	9
<b>TOPLAM</b>	<b>197</b>	<b>100</b>

Tablo 6.9 Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	0	0
Tarım rnleri	1551	51
Maden cevheri	384	13
İnşaat malzemesi	453	15
Hayvansal rnler	0	0
İşlenmiş maddeler	405	13
Canlı hayvan	0	0
Orman rnleri	35	1
Diğerleri	187	6
<b>TOPLAM</b>	<b>3014</b>	<b>100</b>

Tablo 6.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı :

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	4
1-2	5
2-3	49
3-4	49
4-5	62
5-6	62
6-7	51
7-8	51
8-9	54
9-10	55
10-11	41
11-12	42
12-13	24
13-14	24
14-15	6
15-16	6
16-17	3
17-18	3
<b>TOPLAM</b>	<b>591</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 6.10'da dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF )= ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü ( HF ) bulunur. Bu işlem Tablo 6.11'de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (197) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 6.11. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI x EF
0-1	4	0.000	0.00
1-2	5	0.001	0.01
2-3	49	0.005	0.25
3-4	49	0.024	1.18
4-5	62	0.071	4.40
5-6	62	0.173	10.73
6-7	51	0.360	18.36
7-8	51	0.675	34.43
8-9	54	1.171	63.23
9-10	55	1.911	105.11
10-11	41	2.968	121.69
11-12	42	4.429	186.02
12-13	24	6.392	153.41
13-14	24	8.968	215.23
14-15	6	12.281	73.69
15-16	6	16.469	98.81
16-17	3	21.684	65.05
17-18	3	28.092	84.28
<b>TOPLAM</b>	<b>591</b>	—	<b>1235.88</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü (KEF)} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{1235.88}{197} = 6.27$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 6.11'den de görüldüğü gibi dingiller, 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 6.12'de gösterilmiştir.

Tablo 6.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	24	324	12
14-15	1.5	6	87	9
15-16	2.5	6	93	15
16-17	3.5	3	49.5	10.5
17-18	4.5	3	52.5	13.5
<b>TOPLAM</b>	—	<b>42</b>	<b>606</b>	<b>60</b>

42 adet dingilden 60 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 606 ton olduğuna göre ,

$$\text{Azaltma oranı} = (\text{Toplam fazla yük} / \text{Toplam yük}) = 60 / 606 = 0.10 \text{ dur.}$$

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için; toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $591 / 197 \approx 3$  olduğuna göre, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere, aşırı yüklü 42 adet dingil olduğuna göre,

$42 / 2 = 21$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 21 adet kamyonda 42 adet arka dingil, 21 adet ön dingil bulunur.

42 adet arka dingilden %10 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 21 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur:

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz.Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.90 = 4.05 \text{ (4 - 5 ton)}$$

$$5.5 \times 0.90 = 4.95 \text{ (4 - 5 ton)}$$

$$6.5 \times 0.90 = 5.85 \text{ (5 - 6 ton)}$$

$$7.5 \times 0.90 = 6.75 \text{ (6 - 7 ton)}$$

$$8.5 \times 0.90 = 7.65 \text{ (7 - 8 ton)}$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 6.13'da gösterilmiştir.

Tablo 6.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
4-5	62	-5	+5 , +5	67	+22.5
5-6	62	-5	+4	61	-5.5
6-7	51	-4	+4	51	—
7-8	51	-4	+3	50	-7.5
8-9	54	-3	—	51	-25.5
<b>TOPLAM</b>					<b>-16</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 60 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 16 ton

Toplam aşırı yük : 76 ton

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 76 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 7.21 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $3.06 \approx 3$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$76 + (7.21 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %10 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 3 kamyon ilavesiyle taşınması durmuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 6.14’de hesaplanmıştır.

Tablo 6.14. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = $(P / 8.2)^{4.4}$	HASAR FAKTÖRÜ(HF) = DİNGİL SAYISI X EF
0-1	4	0.000	0.00
1-2	5	0.001	0.01
2-3	49	0.005	0.25
3-4	49	0.024	1.18
4-5	67	0.071	4.76
5-6	61	0.173	10.55
6 (ilave)	3	0.253	0.76
6-7	51	0.360	18.36
7-8	50	0.675	33.75
8-9	51	1.171	59.72
9-10	55	1.911	105.11
10-11	41	2.968	121.69
11-12	42	4.429	186.02
12-13	24	6.392	153.41
13 (eski)	42	7.596	319.03
13 (ilave)	6	7.596	45.58
<b>TOPLAM</b>	<b>600</b>	—	<b>1060.18</b>

Tablo 4.11 ve 4.14’den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. ( EK-9 )

$$\begin{aligned} \text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} &= \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} \\ &= \frac{1060.18}{197 + 3} = 5.69 \end{aligned}$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması:*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 1219$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 1219 (1+0.04)^{20} = 2671$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log(t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(2671-1219) / \log(2671/1219)] = 1851$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı : (2.3) den

$$W_g = D_y \times D_{\text{ş}} \times \text{KEF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ ( tek yön : Havza - Samsun)}$$

$$D_{\text{ş}} = 0.90 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$\text{KEF} = 6.27 \text{ (Bkz. sf. 76)}$$

$$t_p = 1851$$

$$W_g = 1 \times 0.90 \times 6.27 \times 1851 = 10.45 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 10.45 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 76.29 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 3 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$3 / 197 = \%1.5 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 1219 (1+0.015) = 1237$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 1237 (1+0.04)^{20} = 2710$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(2710 - 1237) / \log (2710 / 1237)] = 1878$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı :

$$W_g = D_y \times D_\$ \times KEF \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön: Havza - Samsun)}$$

$$D_\$ = 0.90 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 5.69 \text{ (Bkz. sf. 80)}$$

$$t_p = 1878$$

$$Wg = 1 \times 0.90 \times 5.69 \times 1878 = 9.62 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = Wg \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 9.62 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 70.23 \times 10^6$$

Karşılaştırma:

Proje ömrü süresince, Havza - Samsun yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $76.29 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $70.23 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$76.29 \times 10^6 / 20 = 3.81 \times 10^6$  dir. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$70.23 \times 10^6 / 3.81 \times 10^6 = 18.4 \text{ yıl}$$

$$20 - 18.4 = 1.6$$

$$1.6 / 20 = \%8$$

Yani **%8** yolun ömrü azalır.

### 6.3. Yorum

Aşırı yüklü kamyonların, yolun ömrünü, Samsun - Havza yönünde %14, Havza - Samsun yönünde ise %8 azalttığı hesaplandı.. Tablo 6.1' ve 6.8'den görülebileceği

**gibi, her iki yönden geçen kamyonların ortalama %45'lik bir kısmını tarım ürünleri taşıyan kamyonlar oluşturur. Bu nedenle başta bu kamyonlar olmak üzere bu yoldaki tüm kamyonların dingil yükü kontrollerinin arttırılması gerekir.**



## BÖLÜM 7

### TURGUTLU - SALİHLİ YOLU KAMYON DİNGİL YÜKÜ ETKİLERİ

#### 7.1. Turgutlu - Salihli Yönü İçin

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

Etüdün yapıldığı yer : Turgutlu - Salihli

Etüdün yapıldığı bölge no : 02

Etüdün yapıldığı tarih : 27 / 08 / 1993

Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 2331

Ölçüm yapılan kamyon adedi : 362

Ölçüm yapılan kamyon oranı : % 15.5

Ortalama boş kamyon ağırlığı : 7.02 ton

Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 7.1'de gösterilmiştir.

Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 7.2'de gösterilmiştir.

Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 7.3'de gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	77	21
Tarım rnleri	18	5
Maden cevheri	12	3
İnşaat malzemesi	78	22
Hayvansal rnler	6	2
İŞlenmiş maddeler	123	34
Canlı hayvan	0	0
Orman rnleri	0	0
Diğerleri	48	13
<b>TOPLAM</b>	<b>362</b>	<b>100</b>

Tablo 7.2 Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	90	2
Tarım rnleri	222	5
Maden cevheri	259	6
İnşaat malzemesi	1682	38
Hayvansal rnler	74	2
İŞlenmiş maddeler	1763	40
Canlı hayvan	0	0
Orman rnleri	0	0
Diğerleri	366	8
<b>TOPLAM</b>	<b>4456</b>	<b>100</b>

Tablo 7.3. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı :

<b>DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)</b>	<b>KAMYON DİNGİL SAYISI</b>
0-1	39
1-2	39
2-3	146
3-4	146
4-5	107
5-6	107
6-7	57
7-8	58
8-9	51
9-10	52
10-11	45
11-12	45
12-13	39
13-14	38
14-15	26
15-16	26
16-17	13
17-18	13
<b>TOPLAM</b>	<b>1047</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 7.3'de dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF ) = ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü (HF) bulunur. Bu işlem Tablo 7.4’de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (362) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 7.4. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI x EF
0-1	39	0.000	0.00
1-2	39	0.001	0.04
2-3	146	0.005	0.73
3-4	146	0.024	3.50
4-5	107	0.071	7.60
5-6	107	0.173	18.51
6-7	57	0.360	20.52
7-8	58	0.675	39.15
8-9	51	1.171	59.72
9-10	52	1.911	99.37
10-11	45	2.968	133.56
11-12	45	4.429	199.31
12-13	39	6.392	249.29
13-14	38	8.968	340.78
14-15	26	12.281	319.31
15-16	26	16.469	428.19
16-17	13	21.684	281.89
17-18	13	28.092	365.20
<b>TOPLAM</b>	<b>1047</b>	—	<b>2566.67</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü (KEF)} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{2566.67}{362} = 7.09$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 7.4'den de görüldüğü gibi dingiller, 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 7.5'de gösterilmiştir.

Tablo 7.5. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	38	513	19
14-15	1.5	26	377	39
15-16	2.5	26	403	65
16-17	3.5	13	214.5	45.5
17-18	4.5	13	227.5	58.5
<b>TOPLAM</b>	—	<b>116</b>	<b>1735</b>	<b>227</b>

116 adet dingilden 227 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 1735 ton olduğuna göre ,

Azaltma oranı = ( Toplam fazla yük / Toplam yük ) = 227 / 1735 = 0.13 dır.

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için; toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $1047 / 362 = 2.89 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere, aşırı yüklü 116 adet dingil olduğuna göre,

$116 / 2 = 58$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 58 adet kamyonunda 116 adet arka dingil, 58 adet ön dingil bulunur

116 adet arka dingilden %13 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 58 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur:

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz.Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.87 = 3.92 \quad (3 - 4 \text{ ton})$$

$$5.5 \times 0.87 = 4.79 \quad (4 - 5 \text{ ton})$$

$$6.5 \times 0.87 = 5.66 \quad (5 - 6 \text{ ton})$$

$$7.5 \times 0.87 = 6.53 \quad (6 - 7 \text{ ton})$$

$$8.5 \times 0.87 = 7.40 \quad (7 - 8 \text{ ton})$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 7.6'da gösterilmiştir.

Tablo 7.6. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
3-4	146	—	+16	162	+56
4-5	107	-16	+16	107	0
5-6	107	-16	+9	100	-38.5
6-7	57	-9	+9	57	0
7-8	58	-9	+8	57	-7.5
8-9	51	-8	—	43	-68
<b>TOPLAM</b>					<b>-58</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 227 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 58 ton

**Toplam aşırı yük : 285 ton**

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 285 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 7.02 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $11.40 \approx 11$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$285 + (7.02 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %13 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 11 kamyon ilavesiyle taşınması durumuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 7.7’de hesaplanmıştır.

Tablo 7.7. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ(HF) DİNGİL SAYISI X EF
0-1	39	0.000	0.00
1-2	39	0.001	0.04
2-3	146	0.005	0.73
3-4	162	0.024	3.89
4-5	107	0.071	7.60
5-6	100	0.173	17.30
6 (ilave)	11	0.253	12.78
6-7	57	0.360	20.52
7-8	57	0.675	38.48
8-9	43	1.171	50.35
9-10	52	1.911	99.37
10-11	45	2.968	133.56
11-12	45	4.429	199.31
12-13	39	6.392	249.29
13 (eski)	116	7.596	881.14
13 (ilave)	22	7.596	167.11
<b>TOPLAM</b>	<b>1080</b>	—	<b>1871.48</b>

Tablo 7.4 ve 7.7’den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. ( EK-9 )

$$\text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} = \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} = \frac{1871.48}{373} = 5.02$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 2331$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 2331 (1+0.04)^{20} = 5108$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log(t_n/t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(5108 - 2331) / \log(5108/2331)] = 3540$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı : (2.3) den

$$W_g = D_y \times D_\$ \times \text{KEF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ ( tek yön : Turgutlu - Salihli )}$$

$$D_\$ = 1.00 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$\text{KEF} = 7.09 \text{ (Bkz. sf. 88)}$$

$$t_p = 3540$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 7.09 \times 3540 = 25.10 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = Wg \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 25.10 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 183.23 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 11 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$11 / 362 = \%3.0 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 2331 (1+0.030) = 2401$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 2401 (1+0.04)^{20} = 5261$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(5261 - 2401) / \log (5261 / 2401)] = 3646$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $Wg$ ) hesabı :

$$Wg = D_y \times D_{\text{ş}} \times KEF \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön: Turgutlu - Salihli)}$$

$$D_{\text{ş}} = 1.00 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 5.02 \text{ (Bkz. sf. 92)}$$

$$t_p = 3646$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 5.02 \times 3646 = 18.30 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 18.30 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 132.59 \times 10^6$$

Karşılaştırma:

Proje ömrü süresince, Turgutlu-Salihli yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $183.23 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $132.59 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$183.23 \times 10^6 / 20 = 9.16 \times 10^6$  dır. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$132.59 \times 10^6 / 9.16 \times 10^6 = 14.5 \text{ yıl}$$

$$20 - 14.5 = 5.5$$

$$5.5 / 20 = \%28$$

Yani **%28** yolun ömrü azalır.

## **7.2. Salihli -Turgutlu Yönü İçin**

*Etüt hakkındaki veriler (12) :*

Etüdün yapıldığı yer : Salihli -Turgutlu

Etüdün yapıldığı bölge no : 02

Etüdün yapıldığı tarih : 27 / 08 / 1993

Yıllık ortalama günlük geçen kamyon sayısı : 2102

Ölçüm yapılan kamyon adedi : 449

Ölçüm yapılan kamyon oranı : % 21.4

Ortalama boş kamyon ağırlığı : 7.42 ton

Yük cinslerindeki kamyon sayısı : Tablo 7.8'de gösterilmiştir.

Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı : Tablo 7.9'da gösterilmiştir.

Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı : Tablo 7.10'da gösterilmiştir.

Tablo 7.8. Yük cinslerindeki kamyon sayısı

YK CİNSLERİ	KAMYON SAYISI	KAMYON (%)
Boş	48	11
Tarım rnleri	58	13
Maden cevheri	7	2
İnşaat malzemesi	141	31
Hayvansal rnler	6	1
İşlenmiş maddeler	90	20
Canlı hayvan	3	1
Orman rnleri	9	2
Diğerleri	87	19
<b>TOPLAM</b>	<b>449</b>	<b>100</b>

Tablo 7.9 Yük cinsleri ve taşıdıkları yük miktarı

YK CİNSLERİ	YÜK MİKTARI (ton)	YÜK (%)
Boş	92	1
Tarım rnleri	1011	14
Maden cevheri	133	2
İnşaat malzemesi	3691	49
Hayvansal rnler	73	1
İşlenmiş maddeler	1403	19
Canlı hayvan	15	0
Orman rnleri	147	2
Diğerleri	908	12
<b>TOPLAM</b>	<b>7474</b>	<b>100</b>

Tablo 7.10. Kamyon dingil ağırlıkları dağılımı :

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	KAMYON DİNGİL SAYISI
0-1	28
1-2	29
2-3	157
3-4	157
4-5	136
5-6	137
6-7	75
7-8	75
8-9	55
9-10	55
10-11	48
11-12	48
12-13	46
13-14	47
14-15	41
15-16	42
16-17	76
17-18	76
<b>TOPLAM</b>	<b>1328</b>

*Kamyon ortalama eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması :*

Tablo 7.10'da dingil ağırlıkları ve bu ağırlığı taşıyan dingil sayıları verilmiştir. Eşdeğerlik faktörü ( EF ) = ( P / 8.2 )<sup>4.4</sup> formülüyle hesaplanır (Bkz Bölüm 2.1 ).

Formüldeki P değeri dingil ağırlığı sınıfındaki iki rakam aralığının yarısıdır. (Örneğin 0-1 arasına 0.5, 13-14 arasına 13.5 değeri alınır). Hesaplanan eşdeğerlik faktörleri dingil sayıları ile çarpılırsa, o dingil grubunun yola vereceği hasar faktörü ( HF ) bulunur. Bu işlem Tablo 7.11’de gösterilmiştir. Bulunan hasar faktörlerinin toplamı ölçüm yapılan kamyon sayısına (449) bölünerek, kamyon eşdeğerlik faktörü (KEF) hesaplanır.

Tablo 7.11. Eşdeğerlik ve hasar faktörlerinin hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) = DİNGİL SAYISI x EF
0-1	28	0.000	0.00
1-2	29	0.001	0.03
2-3	157	0.005	0.79
3-4	157	0.024	3.77
4-5	136	0.071	9.66
5-6	137	0.173	23.70
6-7	75	0.360	27.00
7-8	75	0.675	50.63
8-9	55	1.171	64.41
9-10	55	1.911	105.11
10-11	48	2.968	142.46
11-12	48	4.429	212.59
12-13	46	6.392	294.03
13-14	47	8.968	421.50
14-15	41	12.281	503.52
15-16	42	16.469	691.70
16-17	76	21.684	1647.98
17-18	76	28.092	2134.99
<b>TOPLAM</b>	<b>1328</b>	—	<b>6333.87</b>

$$\text{Kamyon Eşdeğerlik Faktörü (KEF)} = \frac{\text{Toplam HF}}{\text{Ölçülen kamyon sayısı}} = \frac{6333.87}{449} = 14.11$$

*Aşırı( 13 ton'un üzerindeki) yüklerin hesaplanması :*

Tablo 7.11'den de görüldüğü gibi dingiller, 13 ton'un üzerinde, 18 ton'a kadar yüklenmiştir. Bu yükler, dingil sayılarıyla çarpılırsa toplam yük miktarı bulunur. Bu fazla yüklemelerin hepsi 13 ton'a indirilip, fazla yükler, o yükleri taşıyan dingil sayılarıyla çarpıldığında toplam fazla yük miktarı bulunur. Bu işlem Tablo 7.12'de gösterilmiştir.

Tablo 7.12. Toplam fazla yük miktarının bulunması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	FAZLA YÜK (ton)	DİNGİL SAYISI	TOPLAM YÜK (ton)	TOPLAM FAZLA YÜK (ton)
13-14	0.5	47	634.5	23.5
14-15	1.5	41	594.5	61.5
15-16	2.5	42	651	105
16-17	3.5	76	1254	266
17-18	4.5	76	1330	342
<b>TOPLAM</b>	—	<b>282</b>	<b>4464</b>	<b>798</b>

282 adet dingilden 798 ton yük azaltılmalıdır. Toplam yük 4464 ton olduğuna göre ,

Azaltma oranı = ( Toplam fazla yük / Toplam yük ) = 798 / 4464 = 0.18 dir.

Bir kamyon başına düşen ortalama dingil sayısını bulmak için; toplam dingil sayısı, ölçüm yapılan kamyon sayısına bölünür. Yani  $1328 / 449 = 2.96 \approx 3$  alınırsa, her kamyon 3 dingilli düşünülebilir. Bu da önde tek dingil arkada çift dingil olan dingil tipine girer.

**Kabul 1: Aşırı (>13ton) yüklü dingiller kamyonun arka dingilleridir.**

Her kamyonun arkasında 2 dingil olmak üzere, aşırı yüklü 282 adet dingil olduğuna göre,

$282 / 2 = 141$  adet kamyon aşırı yüklüdür. Bu 141 adet kamyonunda 282 adet arka dingil, 141 adet ön dingil bulunur

282 adet arka dingilden %18 yük azaltılacağına göre buna paralel olarak 141 adet ön dingilden de aynı oranda yük azaltılmalıdır. Bunun için önce, yükü azaltılacak ön dingillerin yeni dingil grubu aralığı bulunur:

**Kabul 2:Yükün azaltılacağı ön dingiller 4 - 9 ton arasında yük taşıyan dingillerdir. (Bkz.Bölüm 3.2)**

$$4.5 \times 0.82 = 3.69 \quad (3 - 4 \text{ ton})$$

$$5.5 \times 0.82 = 4.51 \quad (4 - 5 \text{ ton})$$

$$6.5 \times 0.82 = 5.33 \quad (5 - 6 \text{ ton})$$

$$7.5 \times 0.82 = 6.15 \quad (6 - 7 \text{ ton})$$

$$8.5 \times 0.82 = 6.97 \quad (6 - 7 \text{ ton})$$

Bu dingillerden azaltılacak olan yükler, yük azaltımı sonucunda bulunmuş yeni dingil ağırlığı sınıfına (aralığına) eklenecektir. Bu işlem Tablo 7.13’de gösterilmiştir.

Tablo 7.13. Ön dingillerdeki yük azaltımı

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI	DİNGİL SAYISI	DİNGİL SAYISINDAKİ AZALIŞ	DİNGİL SAYISINDAKİ ARTIŞ	YENİ DİNGİL ADETİ	AZALAN YÜK MİKTARI (ton)
3-4	157	—	+40	197	+140
4-5	136	-40	+41	137	+4.5
5-6	137	-41	+22	118	-104.5
6-7	75	-22	+22 , +16	91	+104
7-8	75	-22	—	53	-165
8-9	55	-16	—	39	-136
<b>TOPLAM</b>					<b>-157</b>

Arka dingillerdeki aşırı yük : 798 ton

Ön dingillerdeki aşırı yük : 157 ton

**Toplam aşırı yük : 955 ton**

*Aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı ve ilgili kamyon eşdeğerlik faktörünün (KEF) hesaplanması:*

3 dingilli bir kamyonun yasal olarak, arka dingilleri 13'er ton, ön dingili 6 ton olmak üzere (Bkz Bölüm 3.2.) toplam dingil ağırlığı 32 tondur. 955 ton fazla yükü, yüklü ağırlığı 32 ton olan kaç aracın taşıyacağı bulunmalıdır. Boş kamyonun ortalama ağırlığı 7.42 ton olduğuna göre aşırı yükü taşıyacak kamyon sayısı  $38.85 \approx 39$  olarak aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$955 + (7.42 \times \text{kamyon sayısı}) = 32 \times \text{kamyon sayısı}$$

Arka ve ön dingil ağırlıklarının %18 azaltılarak yasal dingil yüküne indirgenmesi için aşırı yükün 39 kamyon ilavesiyle taşınması durumuna göre yeni eşdeğerlik ve hasar faktörü Tablo 7.14'de hesaplanmıştır.

Tablo 7.14. Yeni eşdeğerlik faktörü ve hasar faktörünün hesaplanması

DİNGİL AĞIRLIĞI SINIFI (ton)	DİNGİL SAYISI	EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ (EF) = (P / 8.2) <sup>4.4</sup>	HASAR FAKTÖRÜ (HF) DİNGİL SAYISI X EF
0-1	28	0.000	0.00
1-2	29	0.001	0.03
2-3	157	0.005	0.79
3-4	197	0.024	4.73
4-5	137	0.071	9.73
5-6	118	0.173	20.41
6 (ilave)	39	0.253	9.87
6-7	91	0.360	32.76
7-8	53	0.675	35.78
8-9	39	1.171	45.67
9-10	55	1.911	105.11
10-11	48	2.968	142.46
11-12	48	4.429	212.59
12-13	46	6.392	294.03
13 (eski)	282	7.596	2142.07
13 (ilave)	78	7.596	592.49
<b>TOPLAM</b>	<b>1445</b>	—	<b>3648.52</b>

Tablo 7.11 ve 7.14'den yararlanarak, normal ve aşırı yükleme durumları için dingil grubundaki kamyon yüzdeleri verilmiştir. (EK-10)

$$\begin{aligned} \text{Kamyon yeni eşdeğerlik faktörü (KEF)}_{\text{yeni}} &= \frac{\text{Toplam hasar faktörü}}{\text{Yeni kamyon sayısı}} \\ &= \frac{3648.52}{449 + 39} = 7.48 \end{aligned}$$

*Normal ve aşırı yüke göre yol ömürlerinin n=20 yıl için bulunması ve karşılaştırılması*

Aşırı yüke göre :

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı : (2.1) den

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 2102$$

$$r = 0.04$$

$$n = 20$$

$$t_n = 2102 (1+0.04)^{20} = 4606$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı : (2.2) den

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(4606 - 2102) / \log (4606 / 2102)] = 3192$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı : (2.3) den

$$W_g = D_y \times D_{\text{ş}} \times \text{KEF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön : Salihli - Turgutlu)}$$

$$D_{\text{ş}} = 1.00 \text{ (Bkz Tablo 2.1)}$$

$$\text{KEF} = 14.11 \text{ (Bkz. sf.99)}$$

$$t_p = 3192$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 14.11 \times 3192 = 45.04 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı : (2.4) den

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 45.04 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 328.79 \times 10^6$$

Normal yüke göre :

Kamyonların taşıdığı aşırı yükü, 39 ilave kamyonu taşıtarak, kamyon dingilleri yükü, yasal dingil yükü sınırına getirildi. Buna göre kamyon sayısı,

$$39 / 449 = \% 8.7 \text{ artar.}$$

20 yıl sonundaki günlük trafik ( $t_n$ ) hesabı :

$$t_n = t_1 (1+r)^n$$

$$t_1 = 2102 (1+0.087) = 2285$$

$$r = 0.04$$

$$t_n = 2285 (1+0.04)^{20} = 5007$$

Ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) hesabı :

$$t_p = 0.4343 [(t_n - t_1) / \log (t_n / t_1)]$$

$$t_p = 0.4343 [(5007 - 2285) / \log (5007 / 2285)] = 3470$$

Hesap şeridine düşen günlük standart dingil sayısı ( $W_g$ ) hesabı :

$$W_g = D_y \times D_\$ \times K_{EF} \times t_p$$

$$D_y = 1 \text{ (tek yön: Salihli - Turgutlu)}$$

$$D_\$ = 1.00 \text{ (Bkz. Tablo 2.1)}$$

$$KEF = 7.48 \text{ (Bkz. sf.103)}$$

$$t_p = 3470$$

$$W_g = 1 \times 1.00 \times 7.48 \times 3470 = 25.96 \times 10^3$$

Toplam standart dingil tekerrür sayısı ( $T_{8.2}$ ) hesabı :

$$T_{8.2} = W_g \times 365 \times n$$

$$T_{8.2} = 25.96 \times 10^3 \times 365 \times 20 = 189.51 \times 10^6$$

**Karşılaştırma:**

Proje ömrü süresince, Turgutlu - Salihli yolundan, kamyonlar aşırı yüklü olduğunda,  $328.79 \times 10^6$  standart dingil yükü, normal yüklü olduğunda ise  $189.51 \times 10^6$  standart dingil yükü geçecektir. Kamyonlar aşırı yüklü olduğunda 1 yılda geçen standart dingil yükü,

$328.79 \times 10^6 / 20 = 16.44 \times 10^6$  dır. Bu rakam kamyonlar normal yüklü olduğu durumda geçen standart dingil yükü sayısına bölünürse, kamyonların aşırı yüklü olduğu durumda yolun ömrünün % kaç azaldığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$189.51 \times 10^6 / 16.44 \times 10^6 = 11.5 \text{ yıl}$$

$$20 - 11.5 = 8.5$$

$$8.5 / 20 = \%43$$

Yani **%43** yolun ömrü azalır.

### 7.3. Yorum

Bölüm 7.1'de Turgutlu - Salihli yönündeki aşırı yüklü kamyonların, yolun ömrünü %28, Salihli - Turgutlu yönünde ise %43 azalttığı hesaplandı. Bu yolda gerekli dingil yükü kontrolleri yapılmadığı takdirde yolun (özellikle

**Salihli -Turgutlu yönünde) ömrü, projede planlanmış olanın sürenin -yaklaşık olarak -yarısında sona erecektir.**



## BÖLÜM 8

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yollarımızda proje ömründen önce meydana gelen bozulmaların en büyük sebebi ticari taşıtların, özellikle kamyonların yasal dingil yükünü ihlal ederek aşırı yüklenmeleridir.

Adana-Ceyhan yolu kamyon dingil yükü etkileri incelenirken, Adana'dan Ceyhan'a giden kamyonların %19'unun dingil ağırlıklarının ölçüldüğü ve bu kamyonların %13'ünün dingillerinin aşırı yüklü olduğu görülmüştür. Bu dingillerin yükleri yasal dingil yükü sınırına indirilmiş ve artan fazla yükü taşımak için gereken kamyon sayısı 19 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla ölçülen kamyon sayısı olan 360 taki artış 19 olursa -doğru orantı ile- bu yönden bir günde geçen kamyon sayısı olan 1893 teki artış 100 adet olur. Bu işlem, aşırı yüklenen kamyonların fazla yüklerini alarak dingillerinin yola verdiği hasarı önleyecek ama aynı zamanda bu fazla yükü taşımak için bu yönde trafiğe 1 günde 100 fazla kamyon getirecektir. Bu iki durumun hangisinin yol ömrü açısından daha avantajlı olduğunu bulmak için 20 senelik bir proje süresi seçilerek, toplam standart dingil tekerrür sayıları hesaplanmıştır. Bunun sonucunda trafiğe ek kamyon çıkarmamıza rağmen aşırı yüklenmeye izin verilmediği durumda, toplam standart dingil tekerrür sayısının daha küçük çıktığı görülmüştür. Aşırı ve normal yüklenme için, bulunan bu değerler birbiriyle oranlanarak, kamyonların aşırı yüklendiği ve dolayısıyla kamyon dingil yüklerinin yasal dingil yükü sınırını aştığı durumda yolun ömrünün %37 azaldığı bulunmuştur. Bu da yolun ömrünün %63'ünü tamamladıktan sonra, takviye tabakası yapılmadan hizmet veremeyeceğini gösterir. Ceyhan'dan Adana'ya giden kamyonlar incelenmiş ve bunların dingil yüklerinin yasal dingil yükü sınırını aşmadığı görülmüştür. Bunun sebebi, bu

yoldan geçen kamyonların %52'sinin boş olmasıdır. O halde Adana-Ceyhan yolunun proje ömrü süresince iki yönünden de tam bir hizmet beklemek için kamyonların dingil ağırlık kontrolleri Adana-Ceyhan yönünde arttırılmalıdır.

Tarım ürünleri, inşaat malzemesi ve işlenmiş maddeler gibi ağır yüklerin taşındığı Konya-Altınekin ve Samsun-Havza yollarında kamyonların aşırı yüklenmesi durumunda yolun ömrünün %8 - %30 arasında azaldığı yukarıda anlatılan işlemlerle hesaplanmıştır. Bu nedenle, bu iki yolun dingil ağırlık kontrollerinin arttırılması ve özellikle yukarıda sayılan yükleri taşıyan kamyonlarda incelenen örnek kütle büyüklüğü, yani ölçüm yapılan kamyon adedi arttırılarak dingil ağırlıklarının kontrol edilmesi gerekir.

Turgutlu-Salihli yolunda, Salihli'den Turgutlu'ya giden aşırı yüklü kamyonların yolun ömrünü %43 azalttığı hesaplanmıştır. Dolayısıyla yolun ömrü projede planlanmış olan sürenin yarısında sona ermekte ve bu nedenle de bu yol için yapılan harcama ikiye katlanmaktadır.

Bu çalışmada incelenen 4 yolda da aşırı yüklenmeden dolayı yol ömründe büyük oranlarda azalma görülmüştür. Bu da yollardaki dingil ağırlığı kontrollerinin yetersizliğini ve yasal dingil yükünün ihlali durumunda verilen cezaların azlığını gösterir. Başka yolların yapımına harcanabilecek paralar, yolların zamanından önce bozulması nedeniyle bu yolların onarılmasına harcanmaktadır.

Yolların projeye uygun olarak yapımını sağlamak kadar, proje kurallarına göre işletilmesini sağlamakta önemlidir. Bu nedenle ağır yükün sık taşındığı yollarda, başta kamyonlar olmak üzere, ticari taşıtların dingil yükleri kontrolleri daha yüksek örnekleme oranlarında ve daha sık yapılmalıdır. Yasal dingil yükü ihlalinde verilecek cezalar da daha caydırıcı olmalıdır.

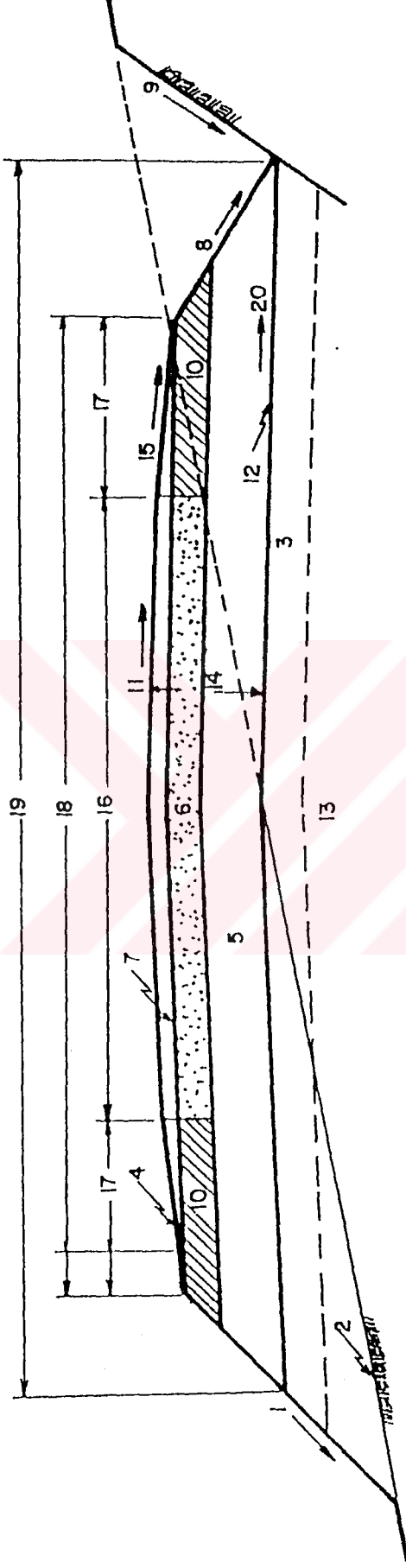
## KAYNAKLAR

1. Çavuşoğlu, H., 1971, Karayolu esnek üstyapılarını projelendirme kuralları, Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Fen Heyeti Dairesi, Ankara.
2. Karayolları Teknik Bülteni, 1975, cilt no:15, sayı no:58, 7-28, Ankara.
3. Karayolları Genel Müdürlüğü, 1996, Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Şube Müdürlüğü, 2-22, Ankara.
4. Yüce, R., 1989, Ulaşım Sistemleri ve Karayolu İnşaatı Tekniği, IM 351 ders notları.
5. Croney, D., Croney, P., 1991, The Design and Performance of Road Pavements, second edition, 9-84, London.
6. Karayolları Genel Müdürlüğü, 1984, Dingil Ağırlığı Etütleri, Ulaşım Etütleri Fen Heyeti Müdürlüğü, 6-16, Ankara.
7. The Golden River weight-in motion system (Dingil ağırlık etütlerinde hareket halindeki trafikte kullanılan ağırlık ve hız ölçüm sistemi) tanıtıcı video kaseti.
8. TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 1996, Karayolu Ulaşırması Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın ve Temsil Dairesi Başkanlığı, Ankara.

9. Watson, J.P., 1989, Highway Construction and Maintenance, Longman Group(FE) Limited, 7-17, New York.
10. Karayolları Genel Müdürlüğü, 1982, Mevcut Karayolları Köprülerinin Yük Taşıma Kapasitesinin Değerlendirilmesi, Köprüler Dairesi Başkanlığı, Köprü Etüt ve Proje Fen Heyeti Müdürlüğü, 23, Ankara.
11. ECE, 1985, "Ağır Vasıtaların Yollar Üzerindeki Etkileri" Avrupa Kuzey - Güney Transit Karayolu Projesi (TEM), 2-40.
12. Çağatay, C., 1993, "Dingil Ağırlığı Etütleri" Türkiye Karayolu Ağında Dingil Ağırlığı Kontrolü Amacıyla Hazırlanan Rapor, Ulaşım Etütleri Fen Heyeti Müdürlüğü, Ankara.
13. Yoder, E.J., 1965, Principles of Pavement Design, New York, 16.
14. Umar, F., Yayla, N., 1989 Yol İnşaatı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 29-32, İstanbul.
15. Salter, R.J., 1988, Highway Design and Construction, Second Edition, 60-65, London
16. Highway Research Board, 1952, Effect of Controlled Truck Axle Loadings on Concrete Pavement, Report 4, 5-33, Michigan.



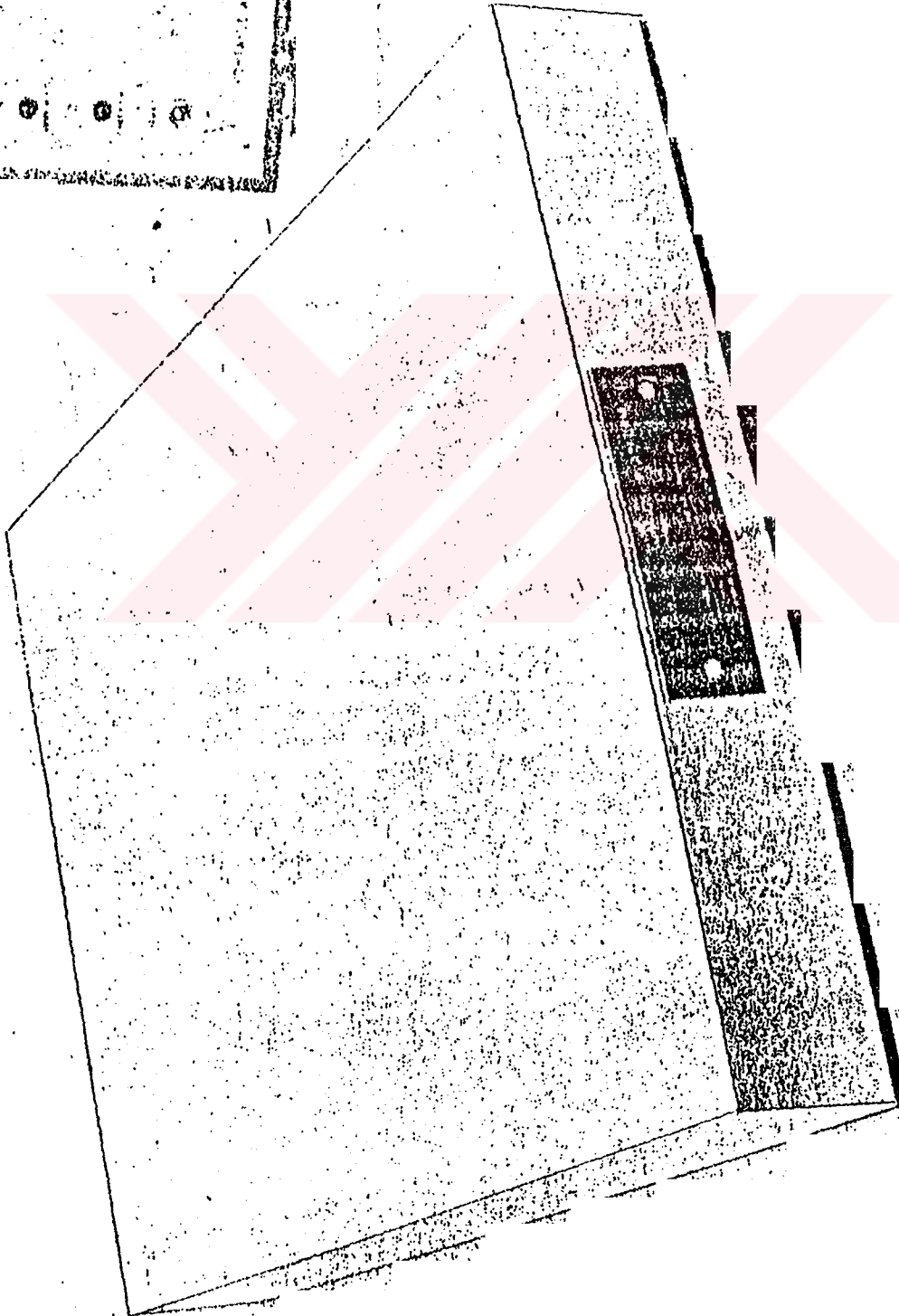
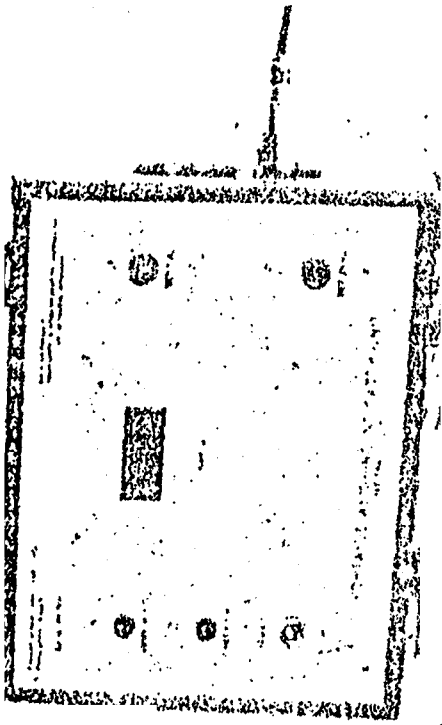
**EKLER**



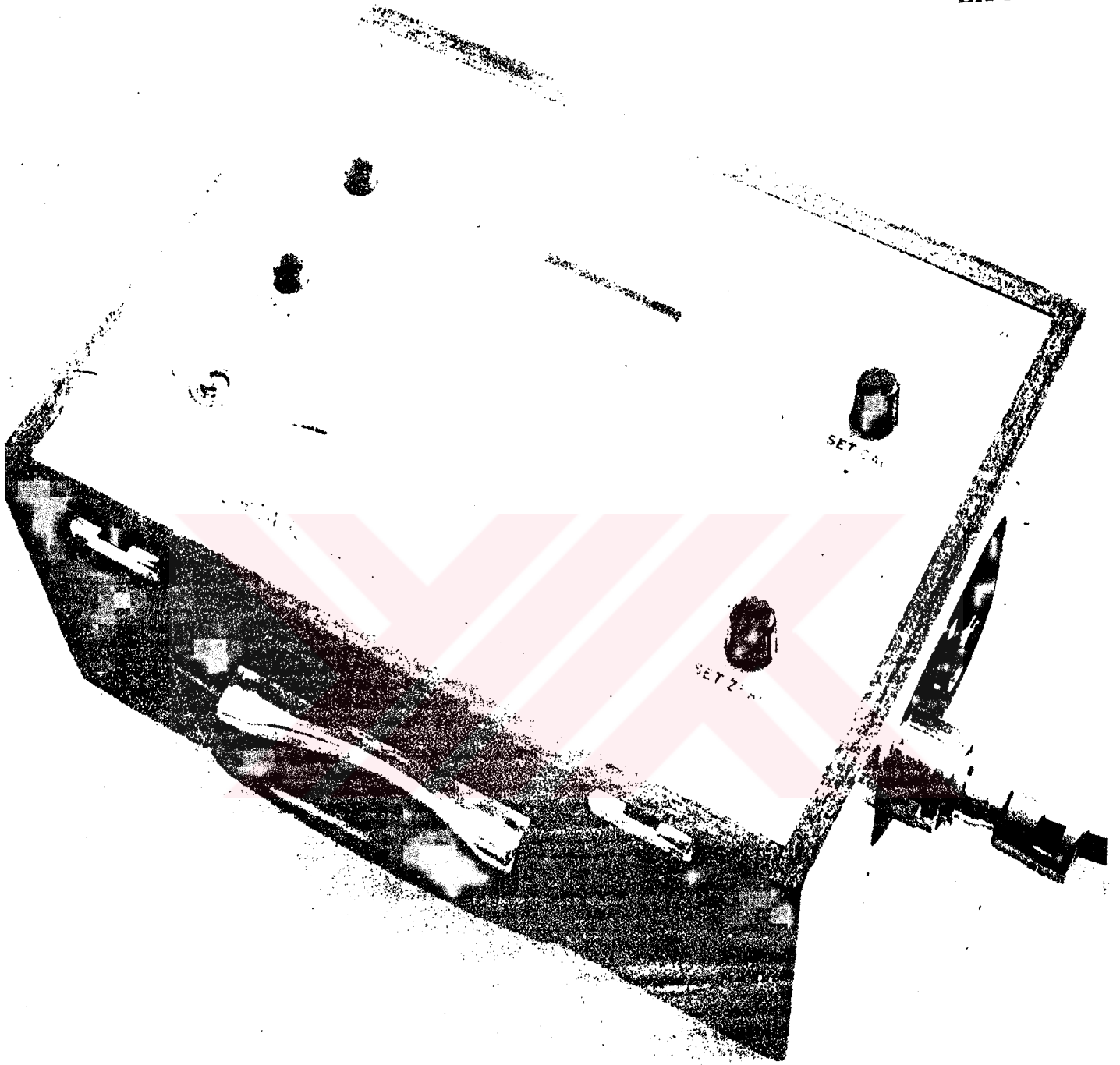
- 1- DOLGU ŞEVİ
- 2- TABİİ ZEMİN
- 3- SEÇME MALZEME TABAKASI (GEREKLİ OLDUĞU DURUMDA)
- 4- BANKET KAPLAMASI
- 5- ALT TEMEL
- 6- TEMEL TABAKASI
- 7- KAPLAMA TABAKASI
- 8- HENDEK ŞEVİ
- 9- YARMA ŞEVİ
- 10- BANKET TEMEL

- 11- YOLUN ENİNE EĞİMİ
- 12- TABAN YÜZEYİ (TESVİYE YÜZEYİ)
- 13- YOL GÖVDESİ (TABAN ZEMİNİ)
- 14- ÜST YAPI PROJE KALINLIĞI
- 15- BANKET EĞİMİ
- 16- TRAFİK ŞERİTLERİ GENİŞLİĞİ
- 17- BANKET GENİŞLİĞİ
- 18- YOL GENİŞLİĞİ (PLATFORM GENİŞLİĞİ)
- 19- ÜST YAPI TABAN GENİŞLİĞİ
- 20- TABAN YÜZEYİNİN ENİNE EĞİMİ

EK-2

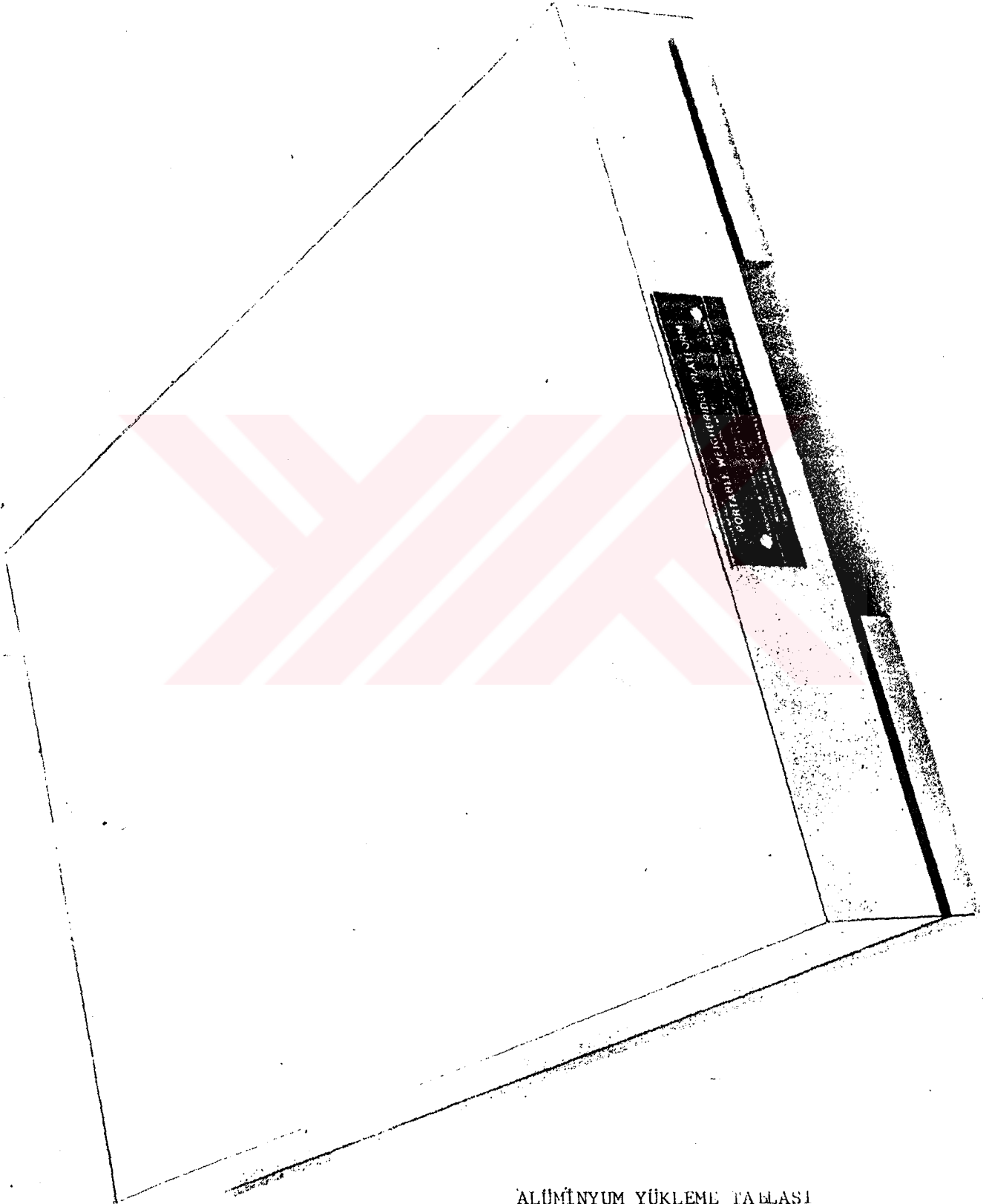


EK-3



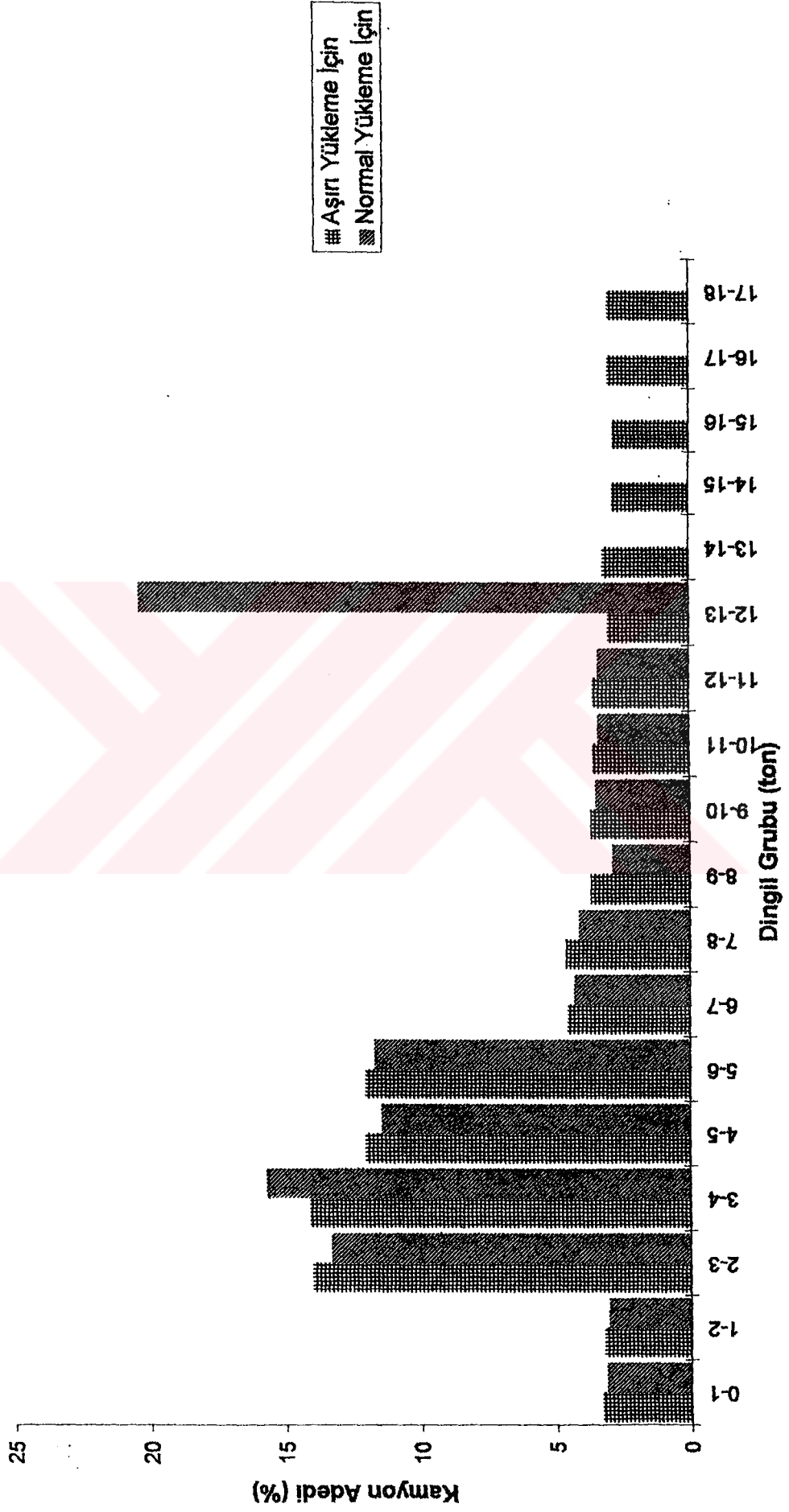
ROBOTİK YÜK GÖSTERME BİRİMİ

EK-4

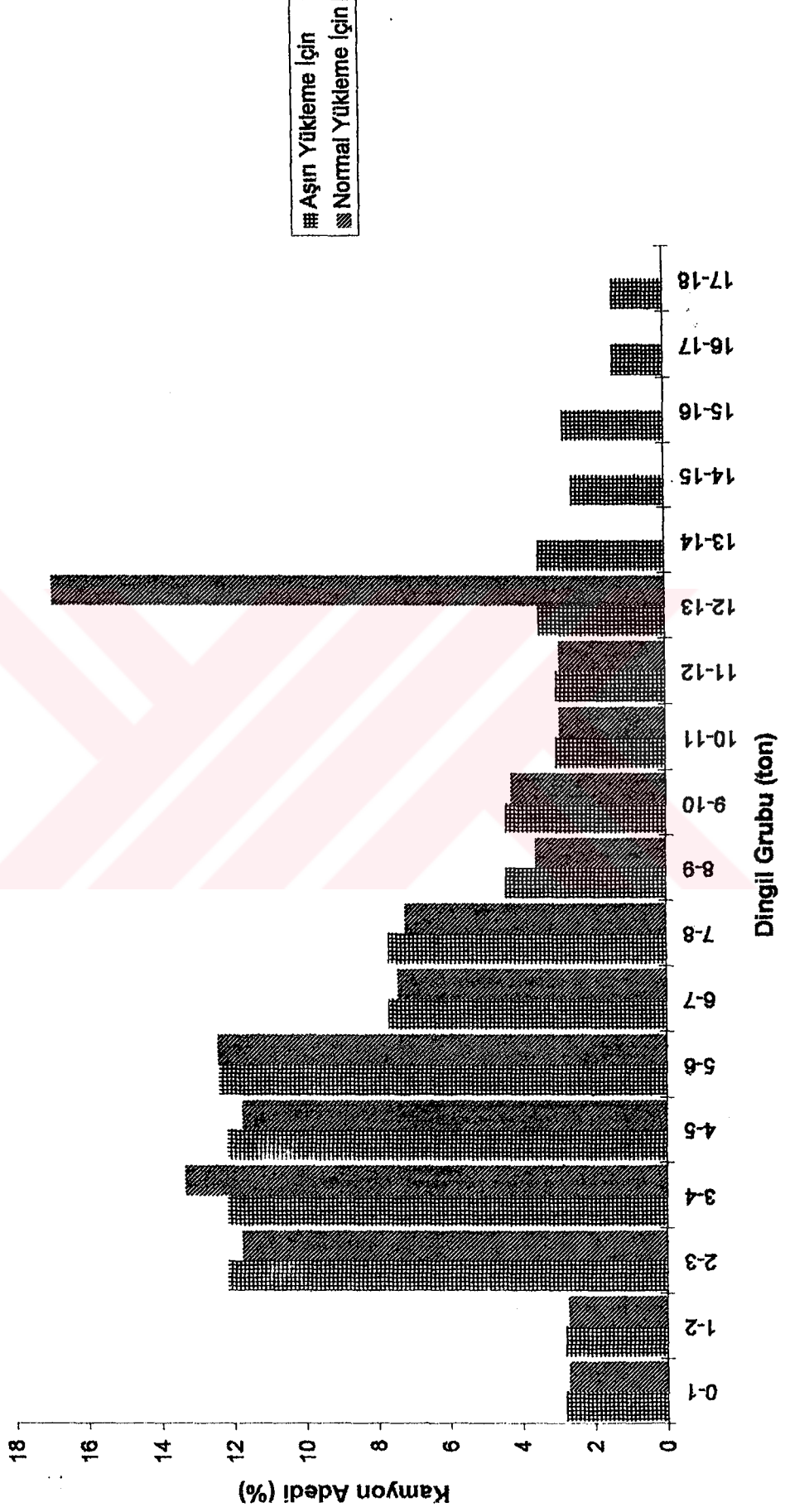


ALÜMİNYUM YÜKLEME TABLASI

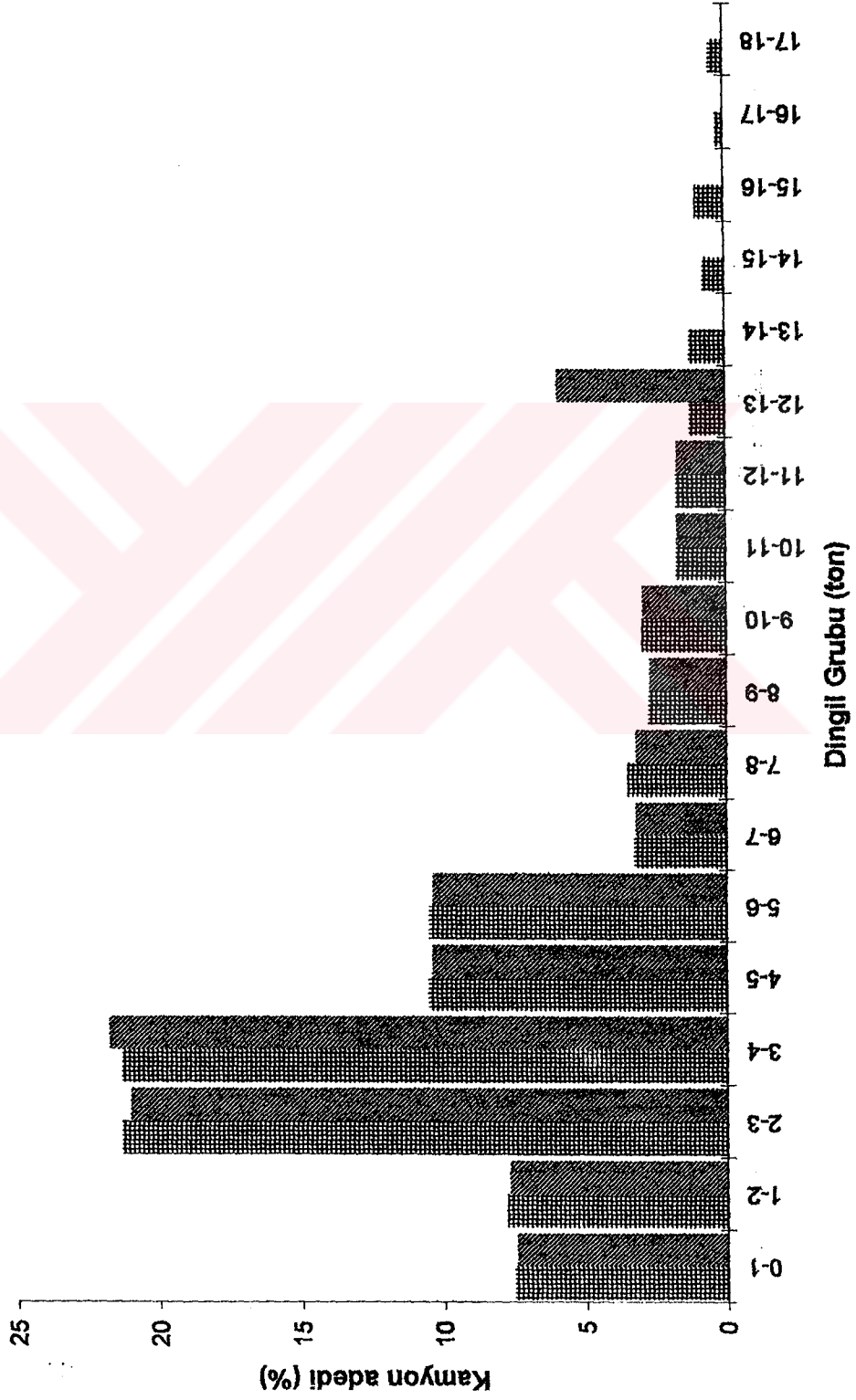
**ADANA CEYHAN YÖNÜNDE  
DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**



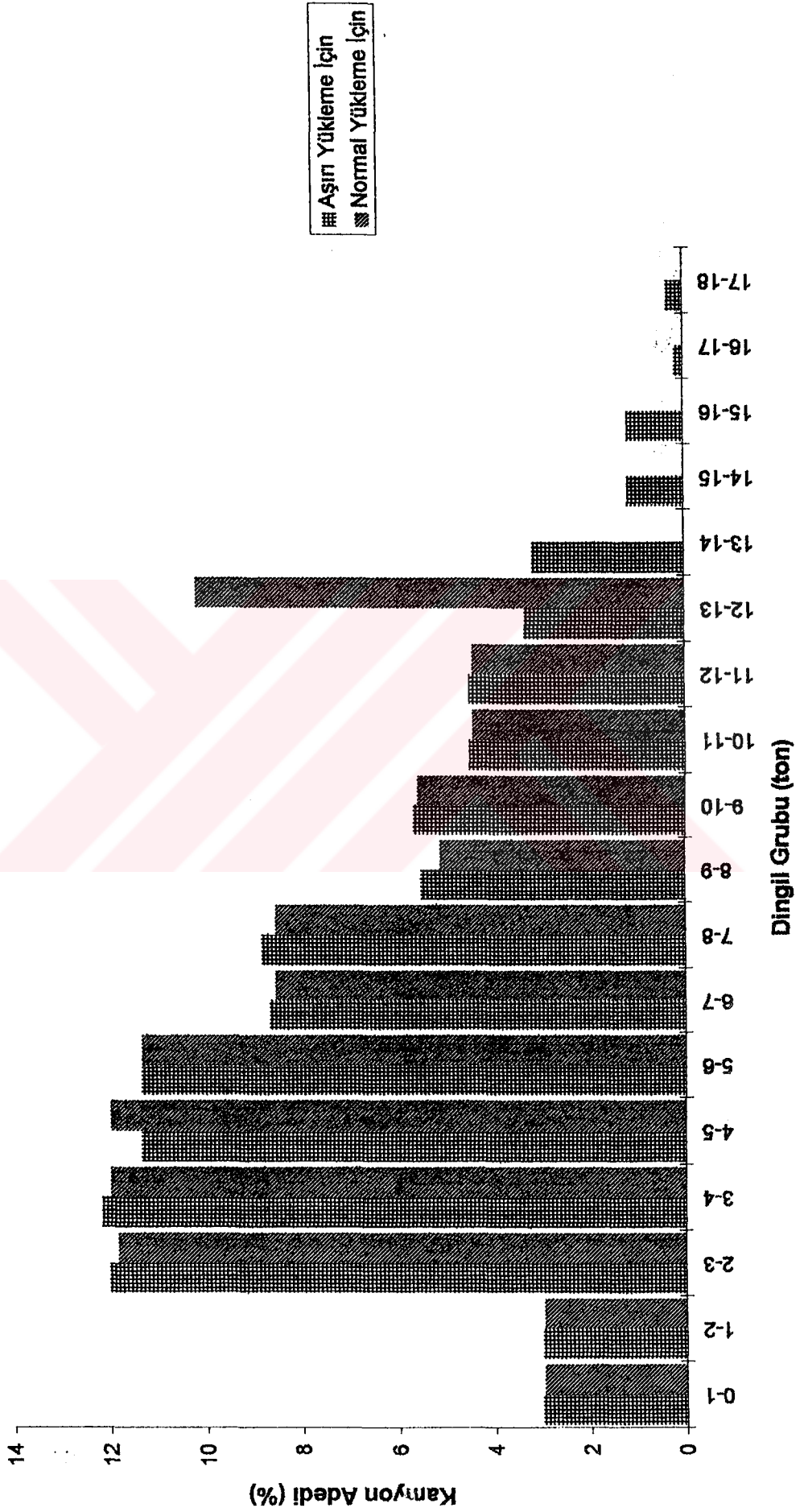
**KONYA-ALTINEKİN YÖNÜNDE**  
**DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**



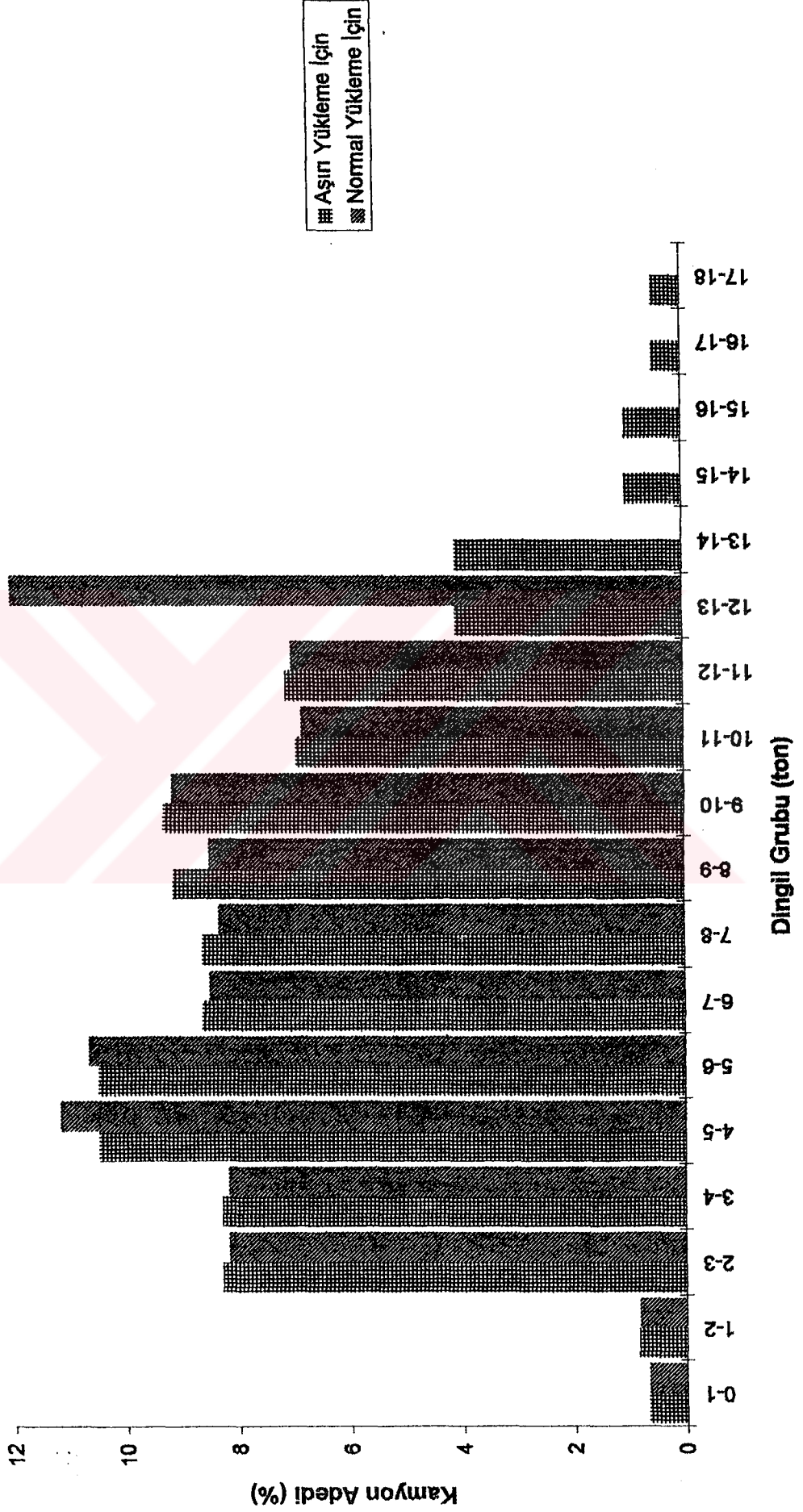
**ALTINEKİN-KONYA YÖNÜNDE**  
**DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**



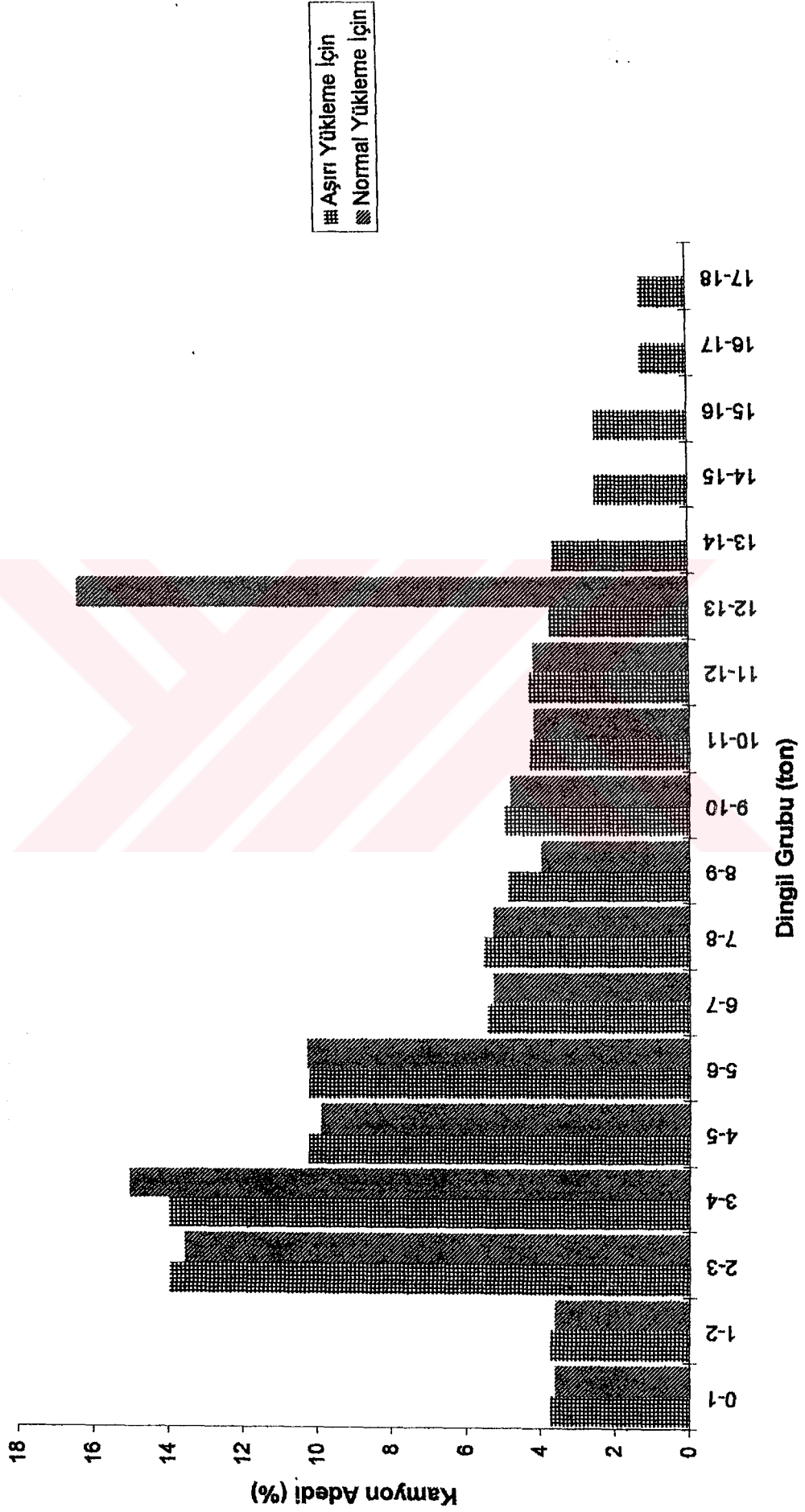
**SAMSUN-HAVZA YÖNÜNDE**  
**DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**



**HAVZA-SAMSUN YÖNÜNDE**  
**DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**



**TURGUTLU-SALİHLİ YÖNÜNDE**  
**DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**



**SALİHLİ-TURGUTLU YÖNÜNDE**  
**DİNGİL GRUBUNDAKİ KAMYON YÜZDELERİ**

